



**Susana Isabel Pereira   Abordagem didática à Miniprodução Fotovoltaica**  
**Lima**



**Susana Isabel Pereira    Abordagem didática à Miniprodução Fotovoltaica  
Lima**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física e Química no 3º. Ciclo do Ensino Básico e Secundário, realizada sob a orientação científica do Doutor Mário Talaia, Professor Auxiliar (categoria do orientador) do Departamento de Física da Universidade de Aveiro e da Doutora Maria João Loureiro, Professora Auxiliar (categoria do coorientador) do Departamento de Educação da Universidade de Aveiro.

*“Tell me, and I will forget.  
Show me, and I may remember.  
Involve me, and I will understand.”*

Ditado de *Confucius*.

## **O júri**

Presidente

Doutora Lúcia Maria Teixeira Pombo  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais

Doutora Maria de Fátima Carmona Simões da Paixão  
Professora Coordenadora da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutor Mário de Almeida Rodrigues Talaia  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (Orientador)

Doutora Maria João de Miranda Nazaré Loureiro  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro (Co-Orientador)



## **Agradecimentos**

Agradeço a todos os que me acompanharam e me ajudaram na realização deste trabalho:

Aos meus orientadores, Doutor Mário Talaia e Doutora Maria João Loureiro, por todo o apoio e orientação prestados;

Ao professor José Lopes, professor orientador da Prática de Ensino Supervisionada pelo apoio, disponibilidade manifestada e confiança depositada;

À minha colega de estágio Sara Leite e às colegas de Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia.

Ao Doutor António Cunha, do Departamento de Física da Universidade de Aveiro, pela disponibilidade na validação científica da abordagem didática desenvolvida e pelo acompanhamento dos alunos na visita ao Departamento de Física;

Ao Engenheiro Jorge Cantadeiro, da *RedeRia*, pela ajuda e disponibilidade mostrada na compreensão da componente técnica do projeto desenvolvido neste trabalho;

Aos alunos, que participaram nesta investigação com todo o empenho e entusiasmo;

À minha família, por toda a ajuda e apoio ao longo da minha formação.

## **Palavras-chave**

Ensino de Ciências, Ciência, Tecnologia e Sociedade, Aprendizagem baseada na Resolução de Problemas, TIC em Educação em Ciência, Mapas Conceptuais.

## **Resumo**

O presente trabalho pretende apresentar um estudo de caso, com enfoque predominantemente qualitativo, desenvolvido com uma turma de alunos, na disciplina de Física e Química A do 10.º ano de escolaridade, na Escola Secundária Jaime Magalhães Lima, durante a Prática de Ensino Supervisionada.

A finalidade do estudo prendia-se com a conceção e implementação em sala de aula de uma abordagem didática ao tema Miniprodução Fotovoltaica, no contexto do tema “A radiação solar na produção de energia elétrica – painel fotovoltaico”, que se descreve e fundamenta. Na conceção das estratégias de ensino, que têm subjacente uma Perspetiva de Ensino por Pesquisa no que respeita à Educação em Ciência, utilizaram-se abordagens de ensino baseadas na Resolução de Problemas e CTS e exploraram-se as Tecnologias da Informação e Comunicação. Pretendeu-se ainda avaliar o impacto da abordagem didática ao nível das aprendizagens dos alunos relacionadas com o tema da Miniprodução Fotovoltaica. Para analisar a evolução das aprendizagens dos alunos recorreu-se a mapas conceptuais e à análise de documentos produzidos pelos alunos.

Os resultados alcançados revelaram que, do ponto de vista didático, a utilização de temáticas que implicam uma participação ativa por parte dos alunos e a sua abordagem partindo de formulação de hipóteses, consegue motivar e mostrar a importância da posse de conhecimento científico como veículo para alcançar a compreensão dos problemas em estudo.

A utilização de mapas conceptuais permitiu perceber a organização conceptual dos alunos, detetar falhas ao nível da aquisição de objetivos de aprendizagem previstos e ajudou-os a reorganizar o conhecimento, auxiliando-os a atingir uma compreensão global do tema em estudo.

**keywords**

Science teaching, Science, Technology and Society, Problem based Learning, ICT on Science Education, Conceptual Maps.

**abstract**

This work intends to present a case of study, focusing predominantly qualitative, developed with a group of students in physics and chemistry in the 10<sup>th</sup> grade, from the high school Jaime Magalhães Lima, during the Supervised Teaching Practice.

The purpose of the study was intended with the conception and implementation in the classroom of a didactic approach to the subject Mini Photovoltaic production, in the context of the topic "Solar radiation in the production of electricity - photovoltaic panel," which describes and bases. In the conception of teaching strategies, which have an underlying perspective of education in respect for Research in Science Education, we used teaching approaches based on the Problem Resolution and CTS and explored the Information and Communication Technologies. It was intended to evaluate the impact of the didactic approach to the level of student learning related to the theme of Mini Photovoltaic production. To analyze the evolving process of student learning analysed conceptual maps and documents produced by the students were used. The achieved results revealed that, in terms of teaching, using themes involving an active participation from the students and their approach starting from the formulation of hypotheses, can motivate and show the importance of possession of scientific knowledge as a way in achieving understanding of the problems under study.

Using conceptual maps allows us to realize the conceptual organization of students, detect gaps in the acquisition of learning objectives planned and help them to reorganize the knowledge, helping them to achieve a global comprehension of the present study.

## ÍNDICE

<b>Índice</b> .....	I
Índice de figuras .....	III
Índice de tabelas .....	IV
<b>Principais abreviaturas utilizadas</b> .....	V
<b>Capítulo I</b> .....	1
Apresentação do estudo .....	1
1. O Problema .....	2
2. Objetivos do trabalho .....	4
3. Opções didáticas .....	5
4. Importância do tema .....	6
5. Estrutura do trabalho .....	8
<b>Capítulo II</b> .....	9
Enquadramento teórico.....	9
1. Perspetivas de Ensino das Ciências .....	10
2. Ciência, Tecnologia e Sociedade .....	16
3. Aprendizagem baseada na Resolução de Problemas .....	20
4. Utilização das TIC na Educação em Ciência.....	22
5. Mapas conceptuais.....	25
5.1. Teoria subjacente: aprendizagem significativa.....	26
5.2. Mapas conceptuais: representações de estruturas cognitivas .....	28
5.3. Campos de aplicação dos mapas conceptuais.....	29
6. Síntese.....	31
<b>Capítulo III</b> .....	33
Metodologia.....	33
1. Método e metodologia de investigação em educação: breve síntese.....	33

2. Caracterização do estudo .....	36
3. Caracterização dos participantes .....	40
4. Instrumentos e técnicas de recolha e tratamento de dados .....	40
5. Validação das estratégias propostas e dos materiais desenvolvidos.....	43
<b>Capítulo IV</b> .....	45
Caso de Estudo .....	45
1. Conceção da abordagem didática ao tema da Miniprodução FV .....	45
2. Implementação da abordagem didática ao tema da Miniprodução FV .....	52
3. Avaliação das aprendizagens e competências envolvidas .....	76
<b>Capítulo V</b> .....	89
Considerações Finais .....	89
1. Principais conclusões.....	89
2. Limitações do estudo .....	91
3. Sugestão para futuras investigações .....	92
<b>Referências</b> .....	94
<b>Anexos</b> .....	I
Anexo 1: Planificação do objeto de ensino .....	II
Anexo 2: Trabalho de pesquisa orientado .....	XVII
Anexo 3: Guião de exploração do programa <i>SunnyDesign</i> .....	XXI
Anexo 4: PowerPoint do projeto desenvolvidos pelos alunos, distribuídos em grupos de trabalho.....	XXVII
Anexo 4.1 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Amorfo.....	XXVII
Anexo 4.2 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Monocristalino sem seguidor solar .....	XXX
Anexo 4.3 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Monocristalino com seguidor solar .....	XXXIII

Anexo 4.4 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Policristalino sem seguidor solar .....	XXXVIII
Anexo 4.5 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Policristalino com seguidor solar.....	XLIII
Anexo 5: PowerPoint de apresentação do projeto de Miniprodução FV na ESJML à Comunidade Escolar .....	XLVII
Anexo 6: Teste de conhecimentos .....	LVIII
Anexo 7: Resultado dos mapas conceptuais.....	LX
Anexo 8: Convite para a apresentação do projeto à Comunidade Escolar.....	LXX
Anexo 9: Competências transversais .....	LXXI

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa conceptual do objeto de ensino .....	48
Figura 2: Fotografias da aula 3; a) e b) grupos a trabalhar no programa <i>SunnyDesign</i> , c) ambiente em sala de aula.....	59
Figura 3: Visita ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro – Professor Doutor António Cunha a discutir com os alunos acerca dos módulos FV baseados em a) células de Silício Monocristalino, b) células de Silício Policristalino; b) observa-se ao fundo coletor solar .....	60
Figura 4: Visita ao laboratório de investigação e desenvolvimento de células FV ..	61
Figura 5: Apresentações dos projetos em grupo: a) grupo do sistema FV baseado em células de Silício Amorfo; b) grupo do sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino com seguidor solar; c) grupo do sistema FV baseado em células de Silício Policristalino .....	71
Figura 6: Apresentação à Comunidade Escolar: a) plateia, b) alunos que apresentaram o projeto, c) e d) apresentação do programa utilizado e discussão dos resultados finais .....	74
Figura 7: Gráfico da evolução dos conceitos base dos mapas conceptuais dos alunos: registos pré e pós abordagem didática .....	77

Figura 8:Mapa conceptual desenvolvidos pelo aluno com rendimento fraco no primeiro momento - 05/04/2011 .....	79
Figura 9:Mapa concetual desenvolvido pelo aluno com rendimento fraco no segundo momento - 16/06/2011 .....	79
Figura 10:Mapa conceptual desenvolvidos pelo aluno com rendimento médio no primeiro momento – 05/04/2011 .....	80
Figura 11: Mapa conceptual desenvolvidos pelo aluno com rendimento médio no segundo momento - 16/06/2011 .....	81
Figura 12:Mapa conceptual desenvolvidos pelo aluno com rendimento muito bom no primeiro momento - 05/04/2011 .....	82
Figura 13:Mapa conceptual desenvolvidos pelo aluno com rendimento muito bom no segundo momento - 16/06/2011 .....	83
Figura 14:Inclinação e Orientação (azimute) .....	87

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do método de acordo com os critérios do procedimento científico (retirado de Pardal & Correia, 1995, p. 17);.....	35
Tabela 2:Caracterização dos participantes (número, idade e género); .....	40
Tabela 3: Calendário de atuação.....	53
Tabela 4: Resultados do sistema baseado em células FV com Silício Amorfo.....	71
Tabela 5:Resultados do sistema baseado em células FV com Silício Monocristalino sem seguidor solar .....	71
Tabela 6:Resultados do sistema baseado em células FV com Silício Monocristalino com seguidor solar.....	71
Tabela 7:Resultados do sistema baseado em células FV com Silício Policristalino sem seguidor solar .....	71
Tabela 8:Resultados do sistema baseado em células FV de Silício Policristalino com seguidor solar.....	71
Tabela 9: Tabela comparativa dos sistemas FV defendidos pelos alunos.....	73
Tabela 10: Resumo da apreciação dos trabalhos de pesquisa em grupos de trabalho; .....	84

## **PRINCIPAIS ABREVIATURAS UTILIZADAS**

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

TIC – Tecnologias da Informação e da Comunicação

RP – Resolução de Problemas

FV - Fotovoltaico



# **CAPÍTULO I**

## **APRESENTAÇÃO DO ESTUDO**

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e Secundário, no ano letivo de 2010/2011. A escolha da tema trabalhado, desenvolvimento de uma abordagem didática ao tema da Miniprodução Fotovoltaica (FV), prende-se com motivações pessoais e de índole académica, dado o trabalho ter sido realizado numa unidade curricular de seminário de dissertação em estreita articulação com a Prática de Ensino Supervisionada, como consignado no Decreto-Lei n.º 43/2007, de 22 de Fevereiro, que estabelece o Regime Jurídico de Habilitação Profissional para a Docência. A nível pessoal o desenvolvimento deste tema transmite as crenças e ideais da futura professora/investigadora. De realçar que se considera que a utilização de fontes renováveis de energia, dadas as questões ambientais em debate, nomeadamente a escassez de combustíveis fósseis e a redução de emissões de gases poluentes, causadas pela produção de energia é um compromisso ético de cada cidadão. Este deve estar atento e receptivo a novas formas de ultrapassar estes problemas, daí se considerar ser de toda a relevância dar a conhecer aos alunos formas de produzir energia alternativas, podendo contribuir para que estes as coloquem em prática.

No presente capítulo, pretende-se fazer a introdução ao trabalho, de modo a que se perceba qual o seu interesse e como foi desenvolvido. Inicia-se referindo o papel da Educação em Ciência nas escolas e o papel do Professor, tendo em vista definir o problema do estudo. Seguidamente, identificam-se os objetivos do trabalho e as opções metodológicas que nortearam todo o percurso. Tenta-se ainda relevar a importância do tema trabalhado com os alunos e como este se enquadra no programa da disciplina de Física e Química A, para o 10º e 11º anos de escolaridade. Finalmente, na última secção, descreve-se a estrutura deste documento.

## 1. O Problema

Até meados do século XIX a Ciência foi percebida como um corpo organizado de conhecimentos e regras a aprender e aplicar sem qualquer relação com a realidade (Osborne, 2007). Esta visão mecanicista da Ciência tem tido como consequência o seu ensino ser baseado na memorização de factos e leis, realização de atividades de mecanização e aplicação de regras à resolução de exercícios muitas vezes resolvidos pelo professor (Cachapuz, 2007; Costa, 2000). Como refere Yager, citado em Costa (2000), os currículos eram desenvolvidos com o objetivo de os alunos adquirirem capacidades intelectuais não dando destaque ao desenvolvimento de capacidades afetivas/sociais e aos conhecimentos adquiridos pelos alunos em ambientes externos à escola, que segundo Ausubel, citado em Novak e Gowin (1984) têm um papel de extrema importância na aprendizagem dos alunos, uma vez que influenciam as suas percepções e os ajudam a dar significado à realidade.

Atualmente, reconhece-se que um ensino mecanicista conduz a aprendizagens insuficientes e limitadas e, conseqüentemente, a um crescente insucesso e desinteresse por parte de quem aprende (Cachapuz, Praia, e Jorge, 2002; Osborne & Dillon, 2008). Por outro lado, em linhas gerais, defende-se que a Ciência permite obter explicações sobre o mundo material e resolver questões que assolam a sociedade contemporânea (Cachapuz, 2007). Acresce que existe diariamente uma rápida evolução da Ciência e da Tecnologia que tem implicações Sociais e vice versa (Cachapuz, 2007; Praia & Cachapuz, 2005). Estes factores levam a que se espere que a escola promova a aquisição de conhecimentos mas também que os alunos adquiram competências que lhes permitam responder aos problemas que irão encontrar no futuro, equacionando-os de múltiplas perspectivas, nomeadamente analisando as implicações da Ciência, na Tecnologia e na Sociedade (CTS) e vice versa, pelo que a Educação em Ciências tem um papel relevante (Cachapuz, 2007; Galvão & Freire, 2004; Laurinda, 2004).

A literatura da especialidade mostra que é possível uma visão diferente da Educação em Ciência, tendo em vista preparar os jovens para os desafios da sociedade actual, nomeadamente no que respeita ao papel que cada um deve desempenhar enquanto cidadão activo e responsável. Por exemplo, espera-se que a Educação em Ciências proporcione ambientes de aprendizagem nos quais a observação, a experimentação, a dúvida,

o erro e a discussão estimulem o pensamento crítico e criativo (Galvão, Reis, Freire, & Oliveira, 2006).

A relevância da Educação em Ciência em domínios como o social, o económico, o académico e o cultural é defendida por autores como Cachapuz (2007) e Osborne (citado em Galvão *et al.*, 2006). De acordo com estes autores podem-se enquadrar estes domínios de acordo com os seguintes argumentos:

- argumento social/utilitário: utilização do conhecimento científico no dia-a-dia permite desenvolver uma forma de pensar racional e resolver problemas. No domínio social estabelece-se uma estreita ligação entre a dimensão social na Educação em Ciência, a formação científica e a democrática. Uma vez que a educação científica tem como função educar para a cidadania, a formação científica surge como âncora para o correto exercício da democracia (a capacidade de fazer juízos informados quando votam, elegem, tomam posições, relativamente por exemplo à instalação de centrais inseneradoras, e fazem opções, tais como a instalação de tecnologias que permitam gerar eletricidade com recurso a fontes renováveis);

- argumento económico: as sociedades tecnologicamente avançadas necessitam de cientistas para manterem as bases económicas e a competitividade internacional e a Educação em Ciência sugere como uma primeira abordagem a futuros profissionais. O domínio económico na Educação em Ciência pressupõe a responsabilidade de preparar os jovens para promover o desenvolvimento sustentável com base na Ciência e Tecnologia e está intimamente ligado com uma dimensão académica;

- argumento académico: os argumentos desta índole fundam-se na formação dos jovens visando a preparação para o mercado de trabalho com bases em Ciência e Tecnologia;

- argumento cultural: sendo consensual a ideia de que a Ciência faz parte da nossa cultura e, conjuntamente com a Tecnologia, é a principal responsável pelas diferenças das sociedades actuais, para compreendermos o mundo natural e podermos participar na vida social a educação tem de promover a sua compreensão, bem como dos seus processos e consequências.

No contexto acima referido, preconiza-se que o professor tenha um papel de mediador do conhecimento e promova a formação de atitudes, valores e normas de comportamentos respeitante à intervenção da Ciência e Tecnologia na Sociedade,

possibilitando aos alunos o exercício da responsabilidade como cidadãos e o poder de tomar decisões racionais e democráticas. O presente trabalho pretende ser um contributo nesse sentido, visto descrever: i) uma abordagem didática ao tema da Miniprodução FV de eletricidade, em que foram integrados vários indicadores da literatura da especialidade na área da Educação em Ciência, e ii) os resultados da sua implementação ao nível da evolução das aprendizagens dos alunos relativas ao tema com eles trabalhado.

## 2. Objetivos do trabalho

Tendo em conta a finalidade do trabalho, acima referida, os objetivos gerais deste trabalho passam pelo desenvolvimento de uma abordagem didática ao tema da Miniprodução Fotovoltaica com recurso às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e baseada em abordagens de resolução de problemas (RP) e CTS. Esta proposta tem como público-alvo alunos do 10.º ano do Ensino Secundário e foi implementada na disciplina de Física e Química A.

A abordagem didática planificada visa promover o desenvolvimento de competências relativas à utilização da energia solar como fonte de energia elétrica e à importância da utilização deste recurso energético como contributo para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável.

Partindo destes objetivos gerais foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- i. Planificar uma abordagem didática ao tema selecionado, enquadrando-a no objeto de ensino “A radiação solar na produção da energia elétrica – painel fotovoltaico” (Ministério da Educação, 2001);
- ii. Implementar a abordagem planificada em sala de aula;
- iii. Avaliar o impacto da mesma abordagem ao nível das aprendizagens dos alunos relacionadas com a Miniprodução FV.

Estes objetivos levaram a formular as seguintes questões de investigação:

*Q1 - Como abordar o objeto de ensino “A radiação solar na produção da energia elétrica – painel fotovoltaico”, explorando as TIC e tendo em conta abordagens de RP e CTS?*

*Q2 - Qual o impacto da abordagem concebida nas aprendizagens dos alunos relacionadas com a Miniprodução Fotovoltaica?*

### 3. Opções didáticas

As orientações curriculares, referidas no programa da disciplina de Física e Química A, para os 10º e 11º anos de escolaridade, dão especial ênfase à compreensão, à relação e às implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade. Estes processos permitem uma nova maneira de viver, como referem Galvão *et al.* (2004, p. 33) “[...] implicam saber olhar inteligentemente para o que nos rodeia [...]”. Desta visão da Educação em Ciência, denominada de “*extrenalista*” (Costa, 2000; Martins, 2002) e consignada nas orientações curriculares para a disciplina de Física e Química A (Ministério da Educação, 2001, p. 5), sobressaem duas ideias; a primeira deseja a compreensão dos fenómenos na sua globalidade e complexidade, rompendo-se com a visão compartimentada do conhecimento; a segunda foca a importância do recurso a situações e problemas do quotidiano, situações familiares aos alunos, que fundamentam a necessidade do conhecimento e compreensão de fenómenos, para ultrapassar situações aparentemente insolúveis.

Além das ideias acima referidas, vários autores (Cachapuz *et al.*, 2002; Osborne, 2007; Prieto, Sobrino, Jorrín-Abellán, Martínez-Monés, & Dimitriadis, 2011), bem como as orientações curriculares já citadas, ressaltam a necessidade do recurso às tecnologias da informação e comunicação (TIC), tanto como competência a desenvolver pelos alunos como recurso de ensino com potencialidades ainda pouco exploradas na educação formal (Loureiro, Pombo, Barbosa, & Brito, 2010; Osborne, 2003). Quando criteriosamente selecionadas e analisadas possibilitam a compreensão de fenómenos que, em contexto escolar, de outra forma não seria possível (Ministério da Educação, 2001).

De acordo com o referido, as opções didáticas que nortearam o desenvolvimento da abordagem didática desenvolvida baseiam-se na Perspetiva de Ensino por Pesquisa (Cachapuz *et al*, 2002) e em particular nas abordagens RP e CTS e no recurso às TIC. Em síntese, pretendeu-se sensibilizar os alunos para o papel da escola como promotora de aprendizagens que visam a compreensão de fenómenos físicos e a sua estreita relação com problemas sociais, económicos e políticos (CTS); nestas aprendizagens valoriza-se a participação dos alunos em atividades nas quais se objetiva o desenvolvimento de um projeto com recurso às TIC, no qual terão de colocar em prática as aprendizagens efetuadas e sintam um profundo envolvimento destas com a sua atividade social ao nível da procura de soluções para problemas reais (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e TIC).

#### 4. Importância do tema

A disponibilidade de energia abundante, de baixo custo aliada à minimização de riscos ambientais e ecológicos é um fator muito importante para a melhoria desejada na qualidade de vida das pessoas que vivem, principalmente, em países em desenvolvimento. A escassez de combustíveis fósseis e o seu impacto nas alterações climáticas tem aumentado o interesse mundial no aproveitamento de energia solar. Um bom conhecimento sobre esta fonte renovável de energia é fundamental para o desenvolvimento do seu uso. De entre as inúmeras vantagens da produção de energia elétrica através da energia solar podem-se destacar as seguintes (Vallêra, 2006) :

- uso de matéria prima comum e gratuita;
- não poluente;
- não existe necessidade de grande manutenção e tem uma durabilidade de aproximadamente 30 anos;
- pode ser utilizado em telhados e fachadas de edifícios, melhorando a estética destes;
- descentraliza a produção de energia;
- prevê um melhoramento da rede elétrica local.

Uma das prioridades da educação, é promover a formação e informação com o objetivo de sensibilizar os alunos acerca de questões tanto científicas como sociais. A utilização da energia solar como meio de produção de energia elétrica tem-se revelado um ótimo investimento, quer para quem instala estes sistemas quer para as empresas de produção dos componentes. Neste contexto, a promoção do interesse dos alunos nesta área pode espelhar-se em perspectivas de futuro – empregabilidade e instalação destes sistemas nas suas habitações.

Ao nível do programa exige-se que os alunos (Ministério da Educação, 2001):

- expliquem que a conversão FV da energia solar consiste na transformação de energia radiante numa diferença de potencial entre os polos do painel fotovoltaico;
- determinem a potência elétrica fornecida por painel fotovoltaico;
- identifiquem a existência de uma resistência exterior que otimiza o rendimento de um painel fotovoltaico;
- expliquem que, para maximizar o rendimento de um painel fotovoltaico, este deve estar orientado de forma a receber o máximo de radiação incidente (orientação a Sul e inclinação conveniente);
- expliquem que, para dimensionar um sistema de conversão fotovoltaico, é necessário ter em consideração a potência média solar recebida por unidade de superfície terrestre, durante o dia (ou número médio de horas de luz solar por dia) e a potência a debitar;

No entanto, não há qualquer referência ao impacto deste tipo de tecnologia na Sociedade, ficando por esclarecer qual o propósito da lecionação deste tema em termos ambientais e sociais. Portanto, os alunos podem considerar que este tema só interessa a quem desejar prosseguir o estudo na área das fontes alternativas de energias.

O desenvolvimento de um projeto sobre este tema que envolva os alunos e que lhes faça compreender o quão importante é estarem informados e saberem discutir criticamente este assunto pode ser uma forma de despertar o interesse pela Ciência e compreender qual a finalidade do seu ensino.

## 5. Estrutura do trabalho

O presente trabalho é constituído por três partes: na primeira parte apresenta-se um quadro teórico que sustenta toda a investigação do trabalho, na segunda parte é apresentada a metodologia de investigação a terceira parte compreende a apresentação dos resultados, a discussão e as conclusões finais do trabalho de investigação.



## CAPÍTULO II

### ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A discussão sobre o papel da escola na Educação e na formação dos cidadãos não é recente mas dada a rápida evolução da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade tem sido mais recorrente nas últimas décadas. É do senso comum que o cidadão tem deveres e direitos e, partindo daqui, a capacidade de tomada de decisão e a sua justificação são essenciais para que possa ser valorizado e saiba viver em comunidade. Muitos autores da área da Educação em Ciência, citados ao longo deste capítulo, defendem que deve ser esse o papel da Educação: preparar os cidadãos para que estes possam participar na construção de uma sociedade mais democrática e próspera sem no entanto comprometer o acesso aos recursos naturais às gerações futuras. Essa participação passa por saber argumentar e intervir com vista à tomada de posições e realização de escolhas de formas de vida mais esclarecidas e responsáveis.

No que concerne à Educação em Ciência, a escola, como sua principal dinamizadora, deverá fazer com que os alunos adquiram competências que lhes permitam a tomada de posições assertivas e alertá-los para as suas consequências. Em conformidade, as metas para a Educação em Ciência (Martins, Cruz, Lopes, Maciel, & Vieira, 2010) apontam para a formação de cidadãos cientificamente cultos, capazes de compreender as relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS), e o desenvolvimento de competências que possibilitem a resolução de problemas, gestão de conflitos e tomada de decisões conscientes. Osborne *et al.* (2008) acrescentam que a Educação em Ciência deve habilitar os alunos para a construção de argumentos, o questionamento e a formulação de hipóteses, a interpretação e avaliação de dados, bem como o estabelecimento de comparações e suas consequências – “*In short, it must offer young people a new vision of why science matters*” (Osborne *et al.*, 2008, p. 17).

A investigação na área da Educação em Ciência tem trabalhado com o intuito de melhorar o processo de ensino e aprendizagem das Ciências. Segundo Cachapuz, *et al.* (2002), a investigação em Educação em Ciência é encarada como uma área específica da investigação na qual se parte da definição de problemáticas inerentes ao ensino e à aprendizagem com o objetivo de o otimizar. Nas secções seguintes aborda-se, de modo sucinto, algumas linhas de investigação nessa área que podem promover abordagens

didáticas mais consentâneas com as perspetivas atuais do papel da Educação em Ciência na formação dos alunos (Cachapuz, *et al.*, 2002; Carrasquinho, 2007; Costa, 1999) e que fundamentaram a abordagem didática objeto do presente estudo de caso. Parte-se de uma síntese sobre as Perspetivas de Ensino na Educação em Ciência, mais global, para situar o leitor na perspectiva em que este trabalho foi realizado. Posteriormente estreita-se o enfoque para as abordagens que em particular informam as estratégias exploradas (CTS e RP), para as potencialidades das TIC e, por último, ao nível da avaliação, para a utilização dos mapas conceituais enquanto instrumento de avaliação, nomeadamente mediador da reflexão sobre as aprendizagens efetuadas.

## 1. Perspetivas de Ensino das Ciências

Nesta secção pretende-se caraterizar sucintamente as principais perspetivas de ensino das Ciências, de acordo com Cachapuz *et al.* (2002):

- ensino Por Transmissão (EPT);
- ensino Por Descoberta (EPD);
- ensino Por Mudança Conceptual (EMC);
- ensino Por Pesquisa (EPP).

Segundo os autores, as principais diferenças entre estas perspetivas residem na finalidade, na vertente epistemológica, na vertente da aprendizagem, no papel do professor, no papel do aluno e na caraterização didático-pedagógica (representam as cinco características). Pretende-se fazer um enquadramento evolutivo destas perspetivas, uma vez que contribuíram para o aperfeiçoamento do processo educativo e dos processos de ensino e de aprendizagem a ela inerentes.

Como acima referido, a discussão em torno da perspetiva EPP servirá de ponto de partida para outros temas – Resolução de Problemas, Ensino CTS e Utilização das TIC no ensino em Ciência.

### 1.1. Ensino Por Transmissão (EPT)

No Ensino Por Transmissão (EPT) o professor, detentor de todo o conhecimento e autoridade, transmite os conteúdos aos alunos, que os assimilam mecanicamente e sequencialmente. Trata-se de uma “didática repetitiva” (Cachapuz *et al.*, 2002, p. 145), com base na memorização dos conteúdos que não valoriza a motivação e participação do aluno. Nesta perspetiva, o conhecimento científico é encarado como uma realidade imutável, uma verdade absoluta e inquestionável e, a par desta convicção, a Ciência é perspetivada como um “corpo objetivo de conhecimentos”, balizada pela certeza e por um realismo natural. Os conteúdos são apresentadas pelo professor sem qualquer articulação com outras áreas do conhecimento (estanques) e as questões, quando colocadas pelo professor são fundamentalmente do tipo “que”, “quem”, “quando” e “qual” (Cachapuz *et al.*, 2002, p. 144). A sala de aula surge como um local privilegiado e isolado de qualquer espaço exterior. Não existe oportunidade para formar valores democráticos, solidariedade, respeito pelo próximo e espírito cooperativo.

Na perspetiva do EPT, os trabalhos experimentais (TE), quando realizados, são de carácter ilustrativo ou demonstrativo. Tem um grau de abertura reduzido: é pedido aos alunos para registarem numa grelha observações, existindo um protocolo detalhado a seguir. Não existe espaço para discussão de procedimentos, expectativas e resultados. Estes trabalhos servem para verificar se os alunos assimilaram a teoria, uma vez que a sucessiva repetição dos factos dá a sensação que a matéria está aprendida.

### 1.2. Ensino Por Descoberta (EPD)

O Ensino Por Descoberta (EPD), que surgiu por volta dos anos 70, parte da convicção de que os alunos são capazes de aprender por conta própria através da observação. O ato de observar leva à descoberta de novos factos e à interpretação dos mesmos, de modo natural e espontâneo, como refere a citação: “Na lógica do EPD, tais factos estão ali, falam por si e basta olhá-los com atenção” (Cachapuz *et al.*, 2002, p. 147). Nesta perspetiva o Professor assume um papel de organizador das situações de aprendizagem e o aluno de descobridor. O elemento com maior destaque passa a ser o aluno e os conteúdos dominantes deixam de ser só os conceitos e incluem os processos científicos.

Ao aluno são apresentados factos observáveis e organizados hierarquicamente, querendo representar uma estratégia linear para se chegarem a conclusões claras e objetivas. É o professor que define as estratégias, um caminho detalhado, rigoroso e sequencial, sempre aperfeiçoado para que nunca ocorram erros e se cheguem às conclusões exactas – existe um método preciso e universal, percebido como sendo o “método científico”. O aluno é então visto como o “aluno cientista”. Esta ideia, contrasta com a perspectiva de EPT, uma vez que o aluno é percebido como um sujeito ativo do processo de aprendizagem.

Uma vez que as capacidades de pensar e aprender são estimuladas através do método científico, o TE é tido como instrumento privilegiado. Porém, à semelhança da perspectiva EPT, ainda admite o aluno como uma “tábua rasa” – quando chega à escola todos os conhecimentos já adquiridos são ignorados. Outro argumento contra esta perspectiva baseia-se na ideia que se pretende transmitir para os alunos sobre o método científico: cria-se nos alunos a ilusão de que os cientistas são conduzidos mecânica e linearmente dos factos (observações independentes do sujeito que observa) para os modelos explicativos dos fenómenos científicos.

Esta Perspetiva constituiu um avanço para o Educação em Ciência. O papel do aluno foi valorizado mas a sua participação ainda é muito orientada pelo Professor.

### 1.3. Ensino para a Mudança Conceptual (EMC)

Enquanto que no início dos anos 70 predominavam os quadros epistemológicos empiristas/indutivos, na qual a aprendizagem se baseava na aquisição de conceitos, nos finais destes anos predominavam as raízes epistemológicas racionalistas. A Perspetiva de Ensino para a Mudança Conceptual (EMC), que surge nos finais da década de 70, do século passado, valoriza a atividade cognitiva do aluno. A preocupação seria agora levar os alunos à alteração das suas concepções sobre os fenómenos científicos, compreender quais as dificuldades inerentes a tal mudança e pensar em estratégias de ensino que promovessem estas mudanças. O EMC não pretendia apenas uma simples substituição de um determinado conceito, mas uma (re)organização conceptual. Exigia-se uma (re)organização conceptual, porque preservava-se a ideia de que os conceitos estão articulados, formando redes conceptuais.

Ao professor cabe o papel de organizar estratégias, muitas vezes provocadoras de conflitos cognitivos, capazes de fomentar a problematização e a interrogação das concepções e significados atribuídos aos conceitos pelos alunos. Deve também ser capaz de decodificar a linguagem metafórica do aluno, porque isso lhe vai permitir aceder às concepções dos alunos, avaliá-las e, se necessário, (re)organizá-las ou alterá-las.

O objetivo deste tipo de ensino é ajudar o aluno a trabalhar a sua capacidade cognitiva e envolver-se na procura de ligações, visando a mudança das concepções prévias, do senso comum, para conhecimentos científicos, organizados e mais credíveis. Dai que um aspeto central desta perspetiva seja a tomada de consciência pelos alunos das concepções alternativas (CA). Entende-se por CA uma ideia apoiada pelo senso comum que difere da concepção cientificamente aceite (Cachapuz *et al.*, 2002, p. 155). Partindo do pressuposto que o professor consiga fazer emergir as CA dos alunos, deve desenvolver estratégias capazes de modificar tais concepções.

Uma estratégia de mudança conceptual proposta, a título de exemplo<sup>1</sup>, designa-se por *modelo alostérico* e segue quatro etapas: i) induzir no aluno um conflito conceptual; ii) auxiliar o aluno a expôr e interrogar as suas ideias; iii) confrontar o aluno com as suas concepções e as dos colegas; iv) ajudar à reflexão sobre novas ideias através de esquemas, gráficos e figuras e, fazer uma síntese para o ajudar à reorganização das concepções.

Em suma, pode referir-se que o EMC representa uma evolução no campo da concetualização da Educação em Ciência, relativamente às perspetivas já referidas. Esta perspetiva reconhece o aluno como um sujeito cognitivamente ativo, em construção, e visa, fundamentalmente, (re)organizar e ampliar a sua estrutura cognitiva, através do confronto do resultado da exploração das suas concepções com os conceitos científicos.

De forma sucinta, as limitações do EMC prendem-se com (Cachapuz *et al.*, 2002): o tempo necessário tanto para aceder como (re)organizar a estrutura cognitiva do aluno, a ausência de processos de trabalho cooperativos e reflexivos, a predominância da sala de aula como espaço privilegiado do processo de ensino e de aprendizagem e a desvalorização das finalidades educacionais associadas a valores e atitudes e a interesses dos alunos.

---

<sup>1</sup> De acordo com Cachapuz et al. (2002, p. 168) existem outros modelos que permitem alcançar mudanças conceptuais: troca conceptual, desenvolvido por Nussbaum & Novick (1982) e a captura conceptual de Mitchell & Gunstone (1984).

#### 1.4. Perspetiva de Ensino Por Pesquisa (EPP)

A Perspetiva de Ensino Por Pesquisa (EPP) surge após profunda reflexão em torno da finalidade da Educação em Ciência. Esta perspetiva compreende os conteúdos de ensino como meios necessários ao exercício do pensar e não apenas como meios instrucionais. Procura envolver cognitivamente e afetivamente os alunos, sem a presença de um percurso ou estratégia perfeitamente delimitadas. Valorizam-se as discussões entre alunos e, entre estes e o professor, e abordagens de problemáticas abertas com incidência social – perspetiva socio-construtivista.

Através de discussões abertas delimitam-se os objetos do estudo e, após esta delimitação, leva-se os alunos ao “exercício de pesquisa” (Cachapuz *et al.*, 2002) partilhada, dentro de grupos de trabalho e entre os grupos. O que se pretende é que os alunos adquiram o gosto pela pesquisa, considerando-se que esta ajuda-os a converter a informação em conhecimentos. Neste sentido pretende-se mudar a imagem da Ciência e da construção do conhecimento científico dos alunos, abandonando-se a visão internalista da Ciência. A educação científica deixa de ser só “em” Ciência e passa a ser “através” da Ciência e “sobre” Ciência. A finalidade destas relações é a promoção da cultura científica mais próxima do ser humano, que vive num mundo onde cada vez mais se sente a influência da Ciência e da Tecnologia. Face a esta descrição, existem três bases que norteiam abordagens ao ensino nesta perspetiva (Cachapuz *et al.*, 2002):

1) o apelo à inter e transdisciplinaridade – a necessidade de compreender a globalidade e a complexidade das situações quotidianas necessita do apoio de todas as áreas disciplinares;

2) a utilização de situações-problema – através de abordagens a situações-problema do quotidiano<sup>2</sup>, os alunos são levados a refletir sobre os processos da Ciência e Tecnologia, assim como as implicações destas com a Sociedade. Este pressuposto facilita a possibilidade de tomarem decisões informadas, ações responsáveis e desenvolverem atitudes e valores propícios ao desenvolvimento sustentável. No fundo, o que se pretende é criar atividades abertas que interliguem a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade<sup>3</sup>,

---

<sup>2</sup> A relevância da abordagem a situações problema do quotidiano permite aos alunos refletirem sobre os processos da ciência e tecnologia e as suas relações com a sociedade. Este tema será retomado na secção 3 deste capítulo – aprendizagem baseada na Resolução de Problemas.

<sup>3</sup> A relação entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade na educação deu origem ao movimento CTS, por volta dos anos sessenta. Este movimento veio estabelecer uma vertente integrante e globalizante na organização e aquisição de saberes científicos. O tema será retomado na secção 2 – Ciência, Tecnologia e Sociedade.

valorizando contextos não académicos e permitir dar sentido à formação dos alunos enquanto cidadãos.

3) Apelo ao pluralismo metodológico<sup>4</sup> – o uso de variadas estratégias de trabalho permite ao aluno aprendizagens mais ricas e completas. Por exemplo, o apelo ao TE, sem que este seja utilizado só a nível confirmatório, leva os alunos a debaterem os seus resultados, citando Cachapuz *et al.* (2002, p. 179) “os dados obtidos pela via experimental são o fermento para a discussão”.

4) Recorrer a avaliações de índole formadora – pressupõe-se o recurso a uma avaliação marcada pela intencionalidade, compreensão e apoio às aprendizagens. A avaliação formativa permite ao professor adaptar as suas estratégias de ensino, introduzindo alterações de acordo com as dificuldades dos alunos. Face a isto, recorrer ao *feedback*, a pontos de situação e a sínteses são pontos fulcrais para a sua boa prática.

No EPP, o papel do Professor é o de organizador do processo de partilha, interação e reflexão crítica, ou seja, impulsiona discussões em torno de situações problemáticas, estimulando o envolvimento dos alunos. O aluno assume-se como um elemento ativo no seu processo de aprendizagem, uma vez que, ao se lhe exigir uma tomada de posição e os seus fundamentos, este terá que assumir uma posição de investigador/pesquisador.

Em síntese, a Perspetiva EPP valoriza o ensino em contexto, no qual o aluno através de um problema adquire uma representação global que lhe permite relacionar e transpor conhecimento de diversas áreas com o objetivo de utilizar tais conhecimentos para dar resposta a situações-problema do quotidiano. Podemos também referir que esta perspetiva potencia o desenvolvimento de competências necessárias para a cidadania ativa, assumindo o aluno responsabilidades na procura de soluções para problemas pluridisciplinares, para os quais a Ciência pode contribuir.

---

<sup>4</sup> O pluralismo metodológico compreende trabalhos experimentais, trabalhos de campo, leituras, debates sobre situações controversas, demonstrações suscetíveis de problematização, procura, seleção e organização de informação, por exemplo através de textos ou das TIC... (Cachapuz *et al.*, 2002, p. 187)

## 2. Ciência, Tecnologia e Sociedade

Os atuais desafios de uma sociedade constantemente em alteração e em progressão requerem uma especial preocupação com a educação dos seus cidadãos, principalmente, no que respeita à Educação em Ciência, à mudança de mentalidade e de atitudes (Carrasquinho, 2007). Segundo Cahapuz *et al.* (2002), uma ideia recorrente na qual se enquadra o discurso educativo das sociedades modernas é a “Sociedade do Conhecimento – sociedade baseada no conhecimento”. Ainda segundo os mesmos autores, não existem fórmulas nem métodos precisos para chegarmos à Sociedade do Conhecimento. Porém, é indiscutível a importância de uma adequada cultura científica/tecnológica para que ocorram progressos sociais.

Todas as pessoas para se estabelecerem como cidadãos intervenientes no dia-a-dia, de forma consciente, empenhada e democrática, necessitam de informação, conhecimento e formação que lhes possibilite assumir os seus deveres e direitos. Considera-se, assim que a Ciência e a Tecnologia modificaram as formas de pensar, expectativas e modos de viver, como destaca o seguinte excerto:

“De facto, a ideia é cada vez mais de que o mundo científico e o mundo tecnológico, ainda que preservando idiosincrasias próprias de cada cultura, construídas ao longo de centenas de anos, se tornaram inseparáveis, acontecendo mesmo constituir-se numa unidade - a tecnociência. [...] A unidade ciência-tecnologia ...envolve-se ampla e profundamente no nosso dia-a-dia, recoloca-o, (re)constrói-o e condiciona-o mesmo”

(Praia & Cachapuz, 2005, p. 175)

Uma das finalidades da Educação em Ciência e Tecnologia é conseguir propiciar uma educação para todas as pessoas, mantendo o necessário equilíbrio entre os conteúdos a ensinar, as particularidades do aluno a educar e a Sociedade em que vive. Cachapuz *et al.* (2002, p. 44) acrescentam que esta educação “[...] deve dar prioridade à formação de cidadãos cientificamente cultos capazes de participar ativamente e responsavelmente em sociedades que se querem abertas e democráticas”.

Outro aspeto relevante é o facto da formação, principalmente ao nível secundário, servir para preparar os jovens para o mercado do trabalho, sendo de destacar para a



Educação em Ciência é particularmente importante para profissões ligadas a áreas técnico-científicas. Como referem Delors *et al.* (citado por Martins, 2002, p. 32) “Um país que não invista na formação científica de nível secundário compromete, irremediavelmente, o seu desenvolvimento científico e técnico”.

Apesar do lugar de destaque que a Educação em Ciência e Tecnologia detém, assistimos a um desinteresse dos alunos por áreas científicas. Citando Cachapuz *et al.* (2002, p. 40) “[...] muitos alunos...não se entusiasmam pelo estudo das Ciências...não encontram aí o terreno fértil para desenvolver a sua curiosidade natural, não percebem sequer para que vale a pena estudar Ciências.” Ainda citando os mesmos autores os pontos críticos da Educação em Ciência nas escolas portuguesas, prendem-se com:

- a importância da extensão e não da profundidade nas abordagens dos programas (privilegia-se o cumprimento dos programas ao invés da excelência das aprendizagens);
- a ausência da transdisciplinaridade<sup>5</sup> e interdisciplinaridade<sup>6</sup>;
- o ensino na sua grande maioria só ocorre em ambientes formais;
- sobrevalorização de contextos académicos e desvalorização das interações Ciência/Tecnologia, Ciência/Sociedade ou ainda Ciência/Ética, as quais ajudam os alunos a situarem culturalmente a Ciência como promotora de uma cidadania responsável;
- menosprezo no desenvolvimento de competências e atitudes científicas – a avaliação foca-se na sua grande maioria num conjunto estanque de conhecimentos.

A escola desempenha um papel importante ao nível do crescimento do gosto pela Ciência, quer os alunos optem ou não pelo prosseguimento dos estudos em Ciências e Tecnologia. Contudo, sabemos que em alguns casos a falta de motivação dos alunos para estas áreas não se prende apenas com as políticas educativas e o carácter académico dos currículos mas também com as práticas letivas predominantes (ainda muito centradas em perspetivas de EPT). Cabe, portanto, aos professores ajudar a inverter estas situações, uma vez que as orientações curriculares são flexíveis, dando “espaço de manobra” aos

---

<sup>5</sup> A transdisciplinaridade é uma ação de abertura e de “fusão” entre disciplinas, com objetivos de produzir novos conhecimentos e integrar teorias e métodos de investigação para buscar soluções para problemas complexos. Tem a finalidade de impedir que o ser humano e a natureza sejam reduzidos a simples estruturas formais (Paviani, 2003, p. 5).

<sup>6</sup> A Interdisciplinaridade pode ser percebida como um meio de anular a visão compartimentada e excessiva do conhecimento. Integra componentes curriculares na construção do conhecimento, busca conciliar os conceitos pertencentes às diversas áreas do conhecimento a fim de promover avanços como a produção de novos conhecimentos (Paviani, 2003, p. 2).

professores. Tal requer que os professores se atualizem e tenham disponibilidade para fazerem “leituras inovadoras dos currículos” (Cachapuz *et al.*, 2002, p. 53).

Na perspectiva de EPP, o papel da escola será o de educar os alunos, dando-lhes a capacidade de enfrentar novos desafios científicos e tecnológicos para conseguirem enfrentar os desafios da Sociedade constantemente em mudança. Para isso, tal como (Cachapuz *et al.*, 2002), Martins (2002, p. 29) refere que a Educação em Ciência terá de romper com as orientações do passado e com a “lógica de instrução de cariz internalista” e adotar uma instrução baseada numa “visão externalista e racionalista da Ciência”.

O movimento STS (Science/Techonoly/Society, Ciência-Tecnologia-Sociedade, na tradução portuguesa) teve as suas origens na América do Norte, por volta dos anos sessenta. Este movimento pretendia ser uma resposta à crise demarcada entre a Sociedade e a Ciência/Tecnologia. Os principais argumentos a favor da inclusão dos indicadores deste movimento na Educação em Ciência, segundo Costa (2001) são: a) a capacidade de ajudar os alunos a se adaptarem à vida; b) fomentar a cultura científica dos cidadãos ajudando-os a participar no processo democrático de tomada de decisões; c) ajudar os cidadãos na resolução de problemas relacionados com a Ciência e a Tecnologia; d) permitir alcançar o pensamento crítico e e) possibilitar encontrar a independência intelectual.

Num estudo sobre a implementação de estratégias CTS envolvendo três professores estes referiram que a construção de um cidadão só se consegue através do desenvolvimento de competências reveladoras de atitudes críticas, de competências que possibilitem o desenvolvimento de valores sobre cidadania. Assim, preparar-se-ão cidadãos “[...] expeditos na resolução de problemas, mais competentes para pesquisar, para decidir, mais ágeis a expor o seu ponto de vista e interligando-os com os diferentes ramos do saber [...]” (Barradas & Carvalho, 2007, p. 361).

Para Tenreiro-Vieira (citado em Moreira, 2008), o movimento CTS vem estabelecer uma vertente integrante e globalizante na organização e aquisição de saberes científicos. Neste movimento são valorizadas as situações quotidianas dos alunos afim de contextualizar o ensino, dar sentido à sua formação em Ciência e contemplar temas que vão ao encontro dos seus interesses e necessidades. Martins (2002) acrescenta que este movimento dita uma filosofia que faz uso de contextos da vida real, contextos que podem não ser próximos aos alunos (como por exemplo a exploração do espaço), na qual emergem ligações à Tecnologia e que se repercutem na Sociedade.

Propõe-se que a Educação em Ciência seja conduzida através de problemáticas reais e actuais, que se seleccionem conceitos de Ciência e Tecnologia importantes para a explicação e desenvolvimento de estudos adequados ao nível académico dos alunos, o levantamento de questões abertas acerca do papel da Ciência e da Tecnologia e as suas implicações na Sociedade (Cachapuz *et al.*, 2002; Martins, 2002; Nave & Paixão, 2004; Neves & Martins, 2004).

De acordo com Yager (2008), a elaboração de projetos, recursos e materiais de cariz CTS requer as seguintes características:

- identificação de problemas com interesse local, fazendo uso de conhecimentos científicos, capacidades e atitudes, ou seja, mobilizando competências;
- recorrer a recursos locais como fontes primárias de informação para a resolução do problema;
- pesquisa de informação que ajude na resolução do problema e na tomada de decisões;
- reconhecer que a aprendizagem não ocorre apenas dentro da sala de aula;
- reconhecer qual o impacto da Ciência e da Tecnologia;
- compreender que os conteúdos científicos não deverão ser apenas para os alunos memorizarem e posteriormente reproduzirem nos testes de avaliação;
- atribuir importância às capacidades de pensamento, sobretudo às ligadas aos processos científicos;
- enfatizar a importância das aprendizagens em termos de perspectivas de carreira/profissão;
- promover oportunidades para os alunos tomarem posições para problemas com relevância social, como seja a escassez de recursos energéticos;
- reflexão em torno do impacto da Ciência e Tecnologia na sobrevivência das gerações futuras.

Em síntese, os aspetos listados apontam para a necessidade de explorar estratégias de ensino e de aprendizagem contextualizada e baseadas numa abordagem CTS.

Algumas das áreas prioritárias com as quais se pode desenvolver situações de ensino e de aprendizagem contextualizadas são enunciadas por Vieira (citado em Moreira, 2008): recursos energéticos, indústria e tecnologia, ambiente, ética e responsabilidade

social (fome, distribuição e qualidade da água, uso da energia, poluição e contaminação do ambiente, doenças, aquecimento global, etc.) são alguns exemplos.

De acordo com o acima exposto, alguns pontos chave a ter em conta nas abordagens CTS são:

- i) a promoção de resolução de problemas que possibilitem a construção de conhecimentos científicos e tecnológicos úteis e funcionais em diversos contextos quotidianos (problemas contextualizados), que se aprofunda na secção seguinte;
- ii) a exploração da capacidade crítica, criativa e argumentativa dos alunos;
- iii) a criação de espaços e condições de aprendizagens nas quais os alunos detenham autonomia, trabalhem cooperativamente e façam uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC); e
- iv) a proposta de expetativas que objetivem a construção de um projecto envolvendo conhecimentos de diversas áreas do saber.

### 3. Aprendizagem baseada na Resolução de Problemas

A aprendizagem baseada na Resolução de Problemas (RP) é definida por diversos autores. Carrasquinho (2007) apresenta alguns exemplos, como seja: a RP é um processo no qual o aluno reconstrói uma combinação de regras já aprendidas que permitem solucionar uma nova situação problemática; um método de ensino que privilegia a utilização de questões-problema como ponto de partida para o desenvolvimento de aprendizagens e competências nos alunos, competências essas que passam pela comunicação, discussão e cooperação em trabalhos em grupo. Segundo Castro (citado em Carrasquinho, 2007) a aprendizagem baseada na RP contribui para a eliminação de atitudes redutoras relativas à atividade científica e à natureza do conhecimento científico e promove o desenvolvimento de conhecimentos do tipo processual e conceptual. Percebida como uma estratégia instrucional, a aprendizagem baseada na RP envolve os alunos ativamente no processo de procura de soluções para uma determinada situação problema contextualizada (privilegiando contextos de ensino CTS). Cria ambientes de aprendizagem ativa no qual o professor atua como promotor e orientador de reflexões e pesquisas.

Os alunos são confrontados com problemas contextualizados (por vezes são envolvidos na sua formulação), promovendo-se a sua resolução, a aquisição dos conteúdos e o desenvolvimento de competências variadas. A delimitação dos problemas e das necessidades de aprendizagem deve ser efetuada de forma colaborativa, bem como a localização de informações relevantes, o questionar e o pesquisar para construir uma compreensão mais profunda, avaliar as possíveis soluções para o problema, selecionar a melhor solução e refletir sobre o processo e as soluções (Quartaroli & Sherman, 2011). A abordagem por RP instiga os alunos a serem menos dependentes do professor e permite-lhes envolverem-se e expressarem as suas opiniões junto dos colegas (Belland, Glazewski, & Richardson, 2010).

Muitas vezes os professores são confrontados com a seguinte questão dos alunos: “Para que é preciso aprender isso?”. A aprendizagem baseada na RP potencialmente facilita obter a resposta. Através do envolvimento em situações problemáticas e relevantes, os alunos têm a oportunidade de identificar e investigar questões significativas, compreendendo o sentido das aprendizagens, adquirindo uma visão mais rica da realidade, podendo daí resultar uma maior motivação para a aprendizagem (Quartaroli *et al.*, 2011).

Durante o processo de aprendizagem baseada na RP, os alunos são responsáveis pela sua própria aprendizagem. Os professores auxiliam na prestação de ajuda diferenciada para cada aluno ou grupo de trabalho. Os estudantes recorrem a variadas fontes de informação para se “especializarem”, possibilitando assim encontrar várias respostas ou soluções para os problemas. Glasgow (citado em Quartaroli *et al.*, 2011) valoriza a realização de projetos explorando a RP, uma vez que permitem criar pequenas variações no “clima” de sala de aula e podem induzir/cativar alguns alunos sem os tornar diretamente concorrentes entre si.

Os temas para a realização de projetos, ou mesmo a criação de situações problema, podem surgir através de questões sociais, tecnológicas ou científicas, ou partindo da escola, família, interesses pessoais, notícias, artigos ou filmes. Qualquer que seja a fonte, um “bom” problema ou cenário de discussão deve ser (Quartaroli *et al.*, 2011):

- complexo, pouco estruturado e que não possa ser facilmente resolvido;
- forte, com “grandes ideias” de uma ou mais disciplinas;
- significativo e com sentido para os próprios alunos;
- explorável e passível de promover pesquisa de novas informações;

- pouco limitado – incorporar diversos assuntos e áreas;
- sem resposta definida – não existe uma resposta "certa".

O processo de RP deve iniciar-se com três perguntas (poderemos mesmo compará-las a questões que permitem iniciar uma investigação) (Quartoli *et al.*, 2011, p. 70):

1. O que sabemos?
2. O que precisamos saber?
3. Como podemos descobrir?

Como os alunos trabalham em conjunto para definir o problema, encontrar e avaliar as provas e reconsiderar o problema de vários ângulos, eles desenvolvem um pensamento de ordem superior e competências de resolução de problemas, colaboração e comunicação. Essas competências podem ser transferíveis para todos os contextos, em ambientes escolares, bem como na vida real. Investigações realizadas na área (Cachapuz, 2001; Belland *et al.*, 2010; Osborne *et al.*, 2007; Quartaroli *et al.*, 2011) indicam que o uso de aprendizagem baseada na RP aumenta as competências atrás referidas, o raciocínio, a retenção de conhecimentos a longo prazo e a sua transferência. Estes resultados podem ser potenciados pelo uso de avaliações para a aprendizagem em que os alunos demonstrem a aquisição e aplicação de novos conteúdos e competências de forma autêntica, aspeto que abordaremos na secção 5, deste capítulo.

A relevância da exploração de situações problemáticas em contexto CTS, na qual assenta a aprendizagem baseada na RP, foi acentuada na Perspetiva EPP. No decorrer da vida, os cidadãos são confrontados com situações problemas que tem de analisar e resolver de forma responsável. A utilização da aprendizagem baseada na RP permite aumentar a responsabilidade dos alunos no seu processo de formação e desenvolver competências que vão além dos saberes académicos.

#### 4. Utilização das TIC na Educação em Ciência

O crescente aumento da facilidade de acesso a computadores e à internet trouxe para as escolas novas gerações de alunos bastante familiarizados com os recursos de comunicação digital. Esta interação permite o desenvolvimento de competências

tecnológicas que a Sociedade atual e que o mercado de trabalho exige. Consequentemente, a formação na área das TIC apresenta-se como um dos objetivos do sistema educativo, sendo um dos objetivos específicos dos 2º e 3º ciclo expressos na Lei de Bases do Sistema Educativo (LBSE, 2005).

Cachapuz (2001, p. 69), refere que a utilização das TIC (Tecnologias da Informação e Educação) em atividades em sala de aula de Ciências “apresenta enormes potencialidades no desenvolvimento da autonomia dos alunos”. A sua correta utilização permite que os alunos; i) realizem diversas tarefas, nomeadamente as suas próprias pesquisas; ii) sejam seletivos nas suas pesquisas e materiais recolhidos; iii) partilhem experiências e trabalhos; iv) interajam com estudantes/colegas de diversas áreas e escolas. Ainda citando o mesmo autor, o recurso às TIC permite aceder a uma grande variedade de informação, constantemente atualizada e fazer uso de aplicações – *software* de simulação de experiências – para testar ideias.

Atualmente, existem aplicações informáticas com potencialidades educativas tão diversas e com características tão diferentes que se tornou necessária a sua categorização. Neste trabalho, em particular a aplicação computacional utilizada em contexto educativo enquadra-se na categoria de simulação computacional (designação adotada por Fonseca, 2006). Segundo este autor, as simulações computacionais envolvem a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real dentro do contexto abordado, oferecendo a possibilidade do aluno desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados e redefinir conceitos. Podem possibilitar maior ou menor grau de interatividade ao aluno. Assim, as simulações visam a representação simplificada de um evento ou processo, muitas vezes com recurso a analogias.

Fonseca (2006) e Osborne (2003) afirmam que a exploração de uma simulação computacional com um mínimo de interatividade permite ao aluno adotar um papel mais ativo na sua aprendizagem do que aquele que adotaria a partir da transmissão de conhecimento efetuada pelo professor, o que constitui um importante fator motivacional. Estas características tornam as simulações ferramentas promissoras para aplicação em variados domínios da educação. Por outro lado, Rutten, Joolingen, e Veen (2010) referem que as simulações computacionais têm vantagens, comparativamente com os manuais (livros), discussões e palestras, porque permitem que os alunos explorem sistematicamente situações hipotéticas, que interajam com uma versão simplificada de um processo ou

sistema, realizem tarefas práticas e resolvam problemas num ambiente naturalista. Num estudo levado a cabo por Jimoyiannis e Komis, em 2001, referido em Rutten *et al.* (2010), o qual comparou a aprendizagem de dois grupos de alunos, um grupo que recebeu uma instrução tradicional e outro que, além desta, recorreu a simulações computacionais, constatou-se que os alunos que utilizaram as simulações computacionais, obtiveram resultados significativamente mais elevados nas tarefas de pesquisa. As conclusões do estudo sugerem que as simulações computacionais podem ser usadas como um complemento ou alternativa para outras formas de instrução, a fim de facilitar a compreensão dos alunos sobre um determinado assunto. Assim, a utilização das simulações em contexto educativo deve ser integrada conjuntamente com outras interações e métodos de ensino e de aprendizagem, na sala de aula, com vista a promover um processo de ensino e de aprendizagem rico e significativo.

No âmbito da Educação em Ciência a utilização das TIC é especialmente relevante devido ao facto de se recorrer frequentemente a modelos abstratos para representação de fenómenos reais. Por exemplo, os manuais escolares nem sempre permitem uma correta visualização de um conceito para possibilitarem a formulação de previsões e a mobilização desse conceito para novas situações. A natureza complexa e contra-intuitiva dos conceitos e processos científicos representa uma forte oportunidade para que se desenvolvam processos como a discussão, raciocínio, interpretação e reflexão, muito importantes para a construção de conhecimento. A introdução de ferramentas tecnológicas e recursos que permitam explorar os fenómenos interactivamente oferece, aos alunos, mais oportunidades para expressar, avaliar e rever as suas ideias em desenvolvimento e visualizar as consequências do seu próprio raciocínio. As simulações computacionais, para além de oferecerem representações dinâmicas e visuais de fenómenos físicos, possibilitam a realização de atividades experimentais perigosas, caras ou não viáveis em laboratórios da escola. Realça-se ainda que o uso de simulações computacionais na Educação em Ciência e, portanto, a manipulação direta de representações abstratas de objetos concretos e fenómenos, pode ajudar os alunos a explorar e testar as suas ideias sobre o mundo natural, em comparação com o mundo teórico da ciência (Hennessy, et al., 2002).

Apesar das vantagens acima enumeradas há que ter em conta que as simulações apresentam também limitações. Uma destas é o facto de poderem levar o aluno a “formar uma visão distorcida do mundo” (Fonseca, 2006, p.35), simplificada e veicular a ideia de



que as variáveis das quais depende um determinado fenómeno se cingem às apresentadas na simulação que o pretende representar. Assim, aquando da construção de uma simulação é importante tentar tornar a situação-problema o mais próxima possível do real. Outro problema a contornar é a avaliação da simulação. O professor deverá refletir e avaliar de que modo a simulação poderá apoiar a construção de conhecimento pelos alunos. É facto que muitas aplicações informáticas além de reproduzirem informações erróneas não são adequadas para todos os níveis de ensino, sendo o papel do professor, enquanto mediador do processo de ensino e de aprendizagem, muito importante na seleção dos recursos a propor aos alunos (Carvalho, 2002; Fonseca, 2006).

A exploração das TIC em contextos educativos pode ajudar a tornar as aulas mais apelativas, distanciando-se da monotonia das aulas tradicionais, e promover motivação para a aprendizagem. A relação das TIC com abordagens de ensino CTS e por RP e com o EPP é natural. Para que o aluno consiga dar resposta e/ou solução a um determinado problema, proposto pelo Professor, tem à partida de pesquisar para organizar e recolher informações que lhe permita uma compreensão do problema. A utilização das TIC permite-lhe realizar essa procura recorrendo a fontes credíveis e atualizadas (sabe-se que não se pode generalizar a credibilidade das fontes, porém sendo o papel do professor acompanhar o trabalho que está a ser desenvolvido pelo aluno deve estar atento às fontes de informação e auxiliar o aluno no processo de pesquisa).

## 5. Mapas conceptuais

Esta secção consta, essencialmente, na apresentação de princípios teóricos que estiveram na génese dos mapas conceptuais, bem como da organização, representação e definição de mapas conceptuais. Alude-se ainda a aspetos relacionados com o uso dos mapas conceptuais tendo em vista facilitar o processo de ensino e de aprendizagem, nomeadamente na avaliação das aprendizagens, opção efetuada no estudo empírico realizado.

### 5.1. Teoria subjacente: aprendizagem significativa

A fundamentação teórica da utilização de mapas conceptuais baseia-se na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel em contraposição à aprendizagem mecânica. A aprendizagem significativa distancia-se da aprendizagem mecânica na medida em que a primeira implica a atribuição de significados e esta atribuição é conotada com um carácter pessoal. A aprendizagem mecânica limita-se a inscrever num cérebro em branco – “tábua rasa” – os produtos do conhecimento (Sequeira & Freitas, 1989, p. 108).

Ausubel, psicólogo educacional da linha cognitivista/construtivista nos anos 70, destaca a utilização de conceitos claros e estáveis como fator preponderante para as aprendizagens subsequentes. Os conceitos permitem estabelecer significados ou, por outras palavras, são termos que possibilitam atribuir uma série de características, propriedades ou particularidades, a um determinado objeto, fenómeno ou facto (Moreira, 1997).

Segundo a teoria cognitiva, a nova informação adquire significado quando se estabelecem relações com as informações pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, sendo esta a base de toda a teoria de aprendizagem significativa; “[...] a aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação se relaciona com um aspeto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.” (Moreira & Buchweitz, 1993, pp. 19-20). Nesta citação está clara a dependência das novas aprendizagens da informação pré-existente na estrutura cognitiva dos indivíduos. As novas aprendizagens ganham sentido quando se conseguem relacionar com as ideias prévias presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. As ideias prévias servem como ancoradouro das novas associações e, como a base destas ideias são os conceitos, estes também deverão estar claros e disponíveis para novas associações. Ausubel define estes conceitos (estáveis, claros e sempre presentes na estrutura cognitiva dos indivíduos) como *subsunçores* (Moreira, 1997, p. 7). Mas como surgem os *subsunçores*? Apesar de se defender e valorizar o tipo de aprendizagem significativa, a aprendizagem mecânica também é necessária. De acordo com Moreira *et al.* (1993), a aprendizagem mecânica surge nos primeiros estádios do desenvolvimento. Quando é apresentada a um indivíduo uma temática completamente nova, a aprendizagem mecânica ocorre até um determinado momento, até que alguns elementos do novo conhecimento se acomodem na estrutura cognitiva do indivíduo. Estes novos conhecimentos funcionarão como *subsunçores*, apesar de serem pouco estáveis e organizados. A aprendizagem começa então a ser significativa à

medida que os novos conhecimentos (conceitos *subsunçores*) vão sendo trabalhados e aprimorados. Quando o indivíduo consegue estabelecer relações com os novos conceitos estes terão capacidade de se fixarem e servirem de base para a reformulação e aquisição de novas ideias – outro pressuposto base da aprendizagem significativa (Moreira, 1997).

Segundo Novak *et al.* (1984), existem dois processos intrínsecos à ocorrência de aprendizagem significativa: a reconciliação integrativa e diferenciação progressiva. A diferenciação progressiva fundamenta-se na estreita relação que se estabelece entre o novo conceito e os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do sujeito, ou seja, a atribuição de significados à nova informação é alcançada quando se tem conhecimentos prévios (Moreira, 1997). Porém, não se pode abandonar a forma como os novos conceitos vão alterar a informação já interiorizada pelo sujeito. Entendendo a aprendizagem significativa como um processo dinâmico, considera-se que os *subsunçores*, os conceitos que servem de base para a atribuição de novos significados, vão sendo reformulados, vão adquirindo novos significados e são constantemente elaborados/refinados. Este enriquecimento cognitivo permite que os conceitos sejam progressivamente diferenciados (Moreira *et al.*, 1993).

A reconciliação integrativa refere-se à reorganização cognitiva da estrutura do sujeito, em virtude de novos conceitos terem “entrado” na sua estrutura cognitiva. A entrada destes novos conceitos permite-lhe reestruturar os pré-existentes e reorganizá-los de modo a incorporá-los num novo conceito mais abrangente (Moreira, 1997). O novo conceito deverá englobar os conceitos já existentes, por estes últimos serem menos inclusivos.

Os autores consultados referem que não se pode, porém, entender os dois processos acima referidos como isolados. De facto, ocorrem durante a aquisição e mudança da definição de um determinado conceito, como refere Moreira *et al.*, (1993, p. 25) “[...] a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos dinâmicos [...]” e interligados.

Como sistematização das ideias acima expostas, pode referir-se que a aprendizagem significativa, defendida por Ausubel, entre outros, se caracteriza pela capacidade de os novos conceitos (novas aprendizagens) serem incorporadas de modo conexo, ordenado e significativo no leque de conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

## 5.2. Mapas conceptuais: representações de estruturas cognitivas

Joseph D. Novak e os seus colaboradores, em meados do século 70, numa pesquisa realizada na Universidade de Cornell, procuraram um modo de representar a organização conceptual das crianças (Marques, 2008), tendo surgido a ideia de as organizar em mapas conceptuais. Segundo Sequeira *et al.*, (1989), os mapas conceptuais representam a projeção prática do estilo de aprendizagem de Ausubel e contêm quatro componentes principais: conceitos, relação entre conceitos, hierarquia e ligações cruzadas. Apresentam-se como diagramas nos quais os conceitos relativos a um corpo de conhecimentos se encontram relacionados entre si sob a forma de proposições, através do uso de palavras de ligação. Na maioria dos casos estes diagramas possuem uma hierarquia, ou seja, os conceitos mais inclusivos ou gerais encontram-se no topo e com um maior número de ligações a outros conceitos.

Na elaboração de um mapa conceptual os conceitos-chave deverão estar destacados, através de caixas ou círculos e as relações entre os mesmos operacionalizam-se através de linhas contendo palavras de ligação (palavras específicas que permitem atribuir significado à relação). As proposições, ou unidades semânticas, são constituídas por dois ou mais conceitos unidos pelas palavras de ligação. Outra característica a destacar na elaboração dos mapas conceptuais é a possibilidade de se efetuarem ligações cruzadas. Entende-se como relações cruzadas, as ligações estabelecidas entre os conceitos de “ramos” diferentes. Estas ligações representam o grau de abrangência da aprendizagem e são indicadores da criatividade do indivíduo (Sequeira *et al.*, 1989; Marques, 2008; Moreira *et al.*, 1993). As ligações cruzadas são um indicador da reconciliação integrativa referida na aprendizagem significativa de Ausubel.

Até agora, referiu-se a teoria subjacente à criação de mapas conceptuais e as suas características, falta contudo apresentar uma definição clara e abrangente destes. Da revisão da literatura infere-se que as definições apontadas por diversos autores especialistas na área (Moreira, 1997; Novak *et al.*, 1984; Ontoria, Ballesteros, Cuevas, Giraldo, Gómez, & Martín, 1994); convergem para três ideias: são diagramas hierárquicos que indicam conceitos e as relações entre eles. Porém, destaca-se a definição de Moreira *et al.* (1993, p. 33): “Os mapas conceptuais são diagramas que visam representar a estrutura conceptual de um corpo de conhecimentos ou parte dele. Procuram destacar, esquematicamente, os conceitos e as relações significativas entre eles. Tentam evidenciar

os significados conceptuais subjacentes a um complexo de proposições.” De facto ao se tentar projetar uma imagem de um mapa conceptual, sobressai o seu aspeto esquemático, os conceitos e as relações entre eles. Este é percebido como um modo “simples” e prático de representar um corpo de conhecimentos - uma representação gráfica da informação. No entanto, atendendo à fundamentação teórica por de trás da sua elaboração, percebe-se que um mapa conceptual é mais do que uma representação de informação, é uma ferramenta que possibilita aceder à organização cognitiva, identificar as estruturas conceptuais dos seus protagonistas e permite intervir na sua reorganização, quer promovendo a alteração de ideias erróneas, quer ampliando os conhecimentos.

Não se pode afirmar que existe um único mapa conceptual para uma determinada área. Como existem diferenças na estrutura cognitiva dos indivíduos e na forma de representar estas relações em esquemas, há várias maneiras de construir mapas conceptuais. Logo um mapa conceptual deve ser encarado como uma representação possível de determinada organização cognitiva (Moreira *et al.*, 1993).

Os mapas conceptuais podem ser elaborados de diferentes formas, porque, como se referiu, cada um deles é apenas uma “tradução” da organização mental do autor. Segundo Moreira *et al.*, (1993), podem ser unidimensionais, quando composto de uma lista de conceitos dispostos verticalmente, ou bidimensionais, quando composto de uma lista de conceitos dispostos verticalmente e horizontalmente. Os mapas unidimensionais são dispostos verticalmente de forma linear e, geralmente, resultam da tentativa de organização de uma fonte de conhecimentos, permitindo ao autor ter uma visão superficial do quadro de conceitos importantes. Já os mapas bidimensionais representam um estágio mais avançado. Conseguem, através de ligações cruzadas, estabelecer relações de conexão entre os conceitos e requerem uma organização mais complexa e completa. Neste estudo adotou-se o conceito de mapas conceptuais como diagramas bidimensionais, à semelhança dos autores citados (Moreira *et al.*, 1993; Novak *et al.*, 1984; Ontoria *et al.*, 1994).

### 5.3. Campos de aplicação dos mapas conceptuais

Dada a sua flexibilidade, a utilização de mapas conceptuais é bastante abrangente. Podem ser usados como: instrumentos de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem e meio de avaliação de aprendizagens (Moreira, 1997). No presente trabalho

os mapas conceptuais foram utilizados enquanto técnica didática e na avaliação de aprendizagens. Nos parágrafos seguintes explora-se estas duas aplicações.

Como técnica didática, os mapas conceptuais ajudaram a organizar o tema de estudo. Permitem perceber e identificar quais os conceitos necessários à compreensão global do tema, como estes se podem relacionar e facilitam a criação de uma sequência lógica e facilitadora de aprendizagens. Como referem Moreira *et al.* (1993) e se explicitou acima, os mapas conceptuais possibilitam a integração e reconciliação de relações entre conceitos.

Para Novak *et al.* (1984, p. 115) a aprendizagem resulta “[...] de uma mudança do significado da experiência [...]” e, uma vez que a aprendizagem está intimamente relacionada com a organização das estruturas cognitivas, a integração de novas informações na estrutura cognitiva do aluno depende da habilidade que este desenvolve na articulação dos conteúdos. Se se atender a que a avaliação das aprendizagens serve como um indicador da evolução das aprendizagens, auxiliando a recolha de informações acerca da estrutura cognitiva do aluno (Martins, Linhares, & Reis, 2009), o acesso a essa evolução pode ser efetuado através da análise de mapas conceptuais desenvolvidos pelos alunos.

Para além do acima referido a “avaliação é parte integrante de qualquer modelo educativo [...], é uma atividade primordialmente valorativa e investigativa, através da qual se tomam decisões que contribuem para regular o processo educativo, [...] não pode ter um carácter pontual; pelo contrário deve ser processual e contínua” (Ontoria *et al.*, 1994, p. 89). Deste excerto, depreende-se que a avaliação é um componente fundamental do processo de ensino e de aprendizagem, que permite, de certo modo, melhorar as estratégias didáticas utilizadas, bem como as aprendizagens dos alunos, e deverá ser um processo contínuo e gradual. Aquando da utilização dos mapas conceptuais na avaliação das aprendizagens, dever-se-á portanto solicitar a sua realização em vários momentos do processo.

Em suma, os mapas conceptuais surgem como ótimas ferramentas para mostrar tanto aos professores como aos alunos que durante o processo de ensino e de aprendizagem ocorreu uma reorganização cognitiva (Novak *et al.*, 1984). Na mesma linha, Moreira (1997) defende que os mapas conceptuais ajudam a perceber a organização cognitiva dos alunos e apresentam-se como uma estratégia de avaliação não convencional, facilitando a

recolha de informações sobre as relações e significados dos conceitos perspectivados pelos alunos.

## 6. Síntese

Dado os efeitos da Ciência e Tecnologia na Sociedade serem visíveis, podendo ser positivos ou negativos, e determinarem o seu futuro, é necessário saber reagir de modo a minimizar os efeitos negativos e influenciá-los de modo a não comprometer as gerações futuras. A exploração de situações problemáticas CTS é destacada na perspetiva de EPP como na aprendizagem baseada na RP. O objetivo deste “casamento” é permitir desenvolver um ensino que possibilite a qualquer cidadão analisar, resolver, verificar e refletir sobre situações problemáticas socialmente relevantes. A par do desenvolvimento de conhecimentos, visa-se um envolvimento afetivo e o desenvolvimento pessoal e social dos alunos. Por outro lado, abordar situações que estimulem a curiosidade dos alunos, que os façam perceber o quão relevante é o seu papel na Sociedade e propiciar-lhes conhecimento que sirva para resolverem problemas de forma fundamentada é também papel da Educação e da Educação em Ciência, em particular, pelas articulações CTS que a abordagem de situações-problema reais possibilita. No estudo empírico, que se descreve no capítulo seguinte, procurou-se partir de uma situação problema de âmbito CTS, relacionada com o consumo de energia, e incentivar os alunos a encontrar soluções plausíveis de forma fundamentada.

De realçar ainda, nesta súmula, a necessidade de explorar diversas estratégias, tanto para favorecer o desenvolvimento harmonioso dos alunos como para regular as aprendizagens. Para além da RP de cariz CTS, o uso das TIC pode aumentar a motivação e empenho dos alunos na realização das tarefas e potenciar uma compreensão mais profunda e detalhada de determinados fenómenos. A abordagem didática implementada, passou pelo recurso a um programa de simulação na procura de soluções para o problema de partida.

O recurso a mapas conceptuais como estratégia didática tem vindo a conquistar adeptos. Cada vez mais nos deparamos com literatura da especialidade em que estas ferramentas são utilizadas com objetivos diversos, como fazer enquadramentos dos temas a abordar ou sistematizações de aprendizagens. No entanto, e de acordo com a investigação

na área, há que estimular os alunos para a sua utilização, o que se procurou efetuar no presente estudo.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA

Neste capítulo, é feita uma abordagem teórica à investigação em educação, enquadrando-a na investigação social, tendo em vista a fundamentação das opções metodológicas do estudo realizado. Inicia-se a abordagem com uma breve descrição das características da investigação em educação, seguidamente apresenta-se a natureza do estudo e a caracterização dos participantes. Referem-se também os instrumentos e técnicas de recolha e tratamento dos dados exploradas.

#### 1. Método e metodologia de investigação em educação: breve síntese

De acordo com Pardal e Correia (1995, p. 7) compreende-se por investigação social “[...] o processo de produção de contributos que façam progredir os quadros conceptuais das ciências sociais [...]”, ou seja, esta ambiciona uma melhor compreensão da realidade social. Para atingir esta compreensão, recorre-se a um método de trabalho que deve ser articulado com os objectivos da própria investigação.

Os conceitos de método e metodologia são muitas vezes utilizados com alguma ambiguidade e, no percurso de uma investigação é fulcral definirem-se e delimitarem-se. O método deve contemplar os traços fundamentais do percurso da investigação, sempre apoiado por referências teóricas. Pardal *et al.* (1995, p. 10) definem método como um “[...] conjunto de operações [...]”, enquanto que a metodologia é o caminho percorrido no decurso da investigação. Para Quivy e Campenhoudt (2008, p. 151), a metodologia é um “[...] prolongamento natural da problemática, articulando de forma operacional os marcos e as pistas que serão finalmente retidos para orientar o trabalho de observação e análise”, ou seja, compreende um conjunto de opções e expectativas que permitem orientar o percurso de investigação com a finalidade de alcançar os objetivos pretendidos. A metodologia de investigação contempla todo o caminho delineado para a elaboração de um projeto de investigação, sendo a sua clarificação fundamental para responder às questões como, quando e onde.

Para a definição do método no qual se deverá apoiar uma investigação, é necessário definir o objetivo da investigação. A sua definição terá de ter em atenção qual a finalidade da investigação, o tipo de investigação, recursos humanos e os materiais disponíveis, entendendo-se com isto a delimitação do trabalho (Pardal *et al.*, 1995). Para os autores:

- A finalidade da investigação é o ponto de partida de toda a investigação, nesta fase o investigador define as questões de investigação para as quais pretende encontrar resposta(s) e planeia as estratégias que permitirão responder a essas questões.
- O tipo de investigação pretende esclarecer as escolhas feitas, nomeadamente, nos estudos com componente empírica, as técnicas de recolha de dados selecionadas de acordo com a finalidade da investigação. Aquando da sua seleção, o investigador pretende também esclarecer o tipo de resultados que se poderão obter com o estudo.
- Os recursos humanos e materiais disponíveis referem-se à capacidade de articulação das variáveis, recursos humanos e recursos materiais. Claro está que a indisponibilidade de um destes poderá comprometer o progresso da investigação, logo é fundamental no início da investigação averiguar quais os recursos a mobilizar (população alvo/participantes, materiais, etc.).

O investigador possui uma variedade de métodos diferenciados por critérios. O método a que recorre numa investigação pode ser definido quando à generalização, à centração no objeto de estudo, à obtenção e tratamento de dados e quanto aos quadros teóricos de referência, como mostra a Tabela 1 (Pardal *et al.*, 1995).

Tabela 1: Classificação do método de acordo com os critérios do procedimento científico  
(retirado de Pardal *et al.*, 1995, p. 17);

	<i>Método</i>	<i>Descritores gerais do método</i>
Quanto à generalização	<i>Nomotético</i>	Estuda aspetos gerais e regulares do fenómeno. Preocupações generalizadas
	<i>Idiográfico</i>	Estuda factos particulares. Sem preocupações generalizadoras.
	<i>Estudo de Caso</i>	Analisa, de modo intensivo, situações particulares. Sob condições limitadas, possibilita generalizações empíricas.
	<i>Comparativo</i>	Deteta causas de diferenças ou semelhanças nos objetos de estudo, viabilizando sugestões de explicação.
Quanto à centração no objeto de estudo	<i>Experimental</i>	Estudo, em geral, por controlo e manipulação de variáveis. a. <i>Por provocação</i> : modificação intencional de uma variável independente; b. <i>Em laboratório</i> : fora do meio habitual; c. <i>No campo</i> : no meio habitual.
	<i>Clínico</i>	Estudos de casos individuais em profundidade. a. <i>em situação</i> ; b. <i>em laboratório</i> .
Quanto à obtenção e tratamento de dados	<i>Quantitativo</i>	Privilegia o recurso a instrumentos e a análise estatística.
	<i>Qualitativo</i>	Privilegia, na análise, o caso singular e operações que não impliquem quantificação e medida.
Quanto aos quadros de referência (Exemplos)	<i>Compreensivo</i>	Enfatiza a apresentação e explicitação da significação interna do fenómeno, na sua singularidade.
	<i>Funcional</i>	Enfatiza o estável na vida social, enquanto produto das instituições. A explicação dos fenómenos está associada aos papéis destes no sistema social.
	<i>Dialético</i>	Enfatiza, Ana explicação da realidade social, a existência de contradições no seu interior.
	<i>Estrutural</i>	Enfatiza, na explicação de um fenómeno social, o carácter sistemático e global do mesmo.

## 2. Caracterização do estudo

### 2.1. Tipo de estudo: estudo de caso relativo ao desenvolvimento de uma abordagem didática sobre o tema Miniprodução FV

Como indicado na introdução deste trabalho (secção 1), o problema central deste trabalho foca-se no desenvolvimento de uma abordagem ao ensino e à aprendizagem da Ciência com o intuito de promover aprendizagens nos alunos, que façam sentido para a sua formação como cidadãos ativos e críticos, ainda pouco usual na Educação em Ciência (Cachapuz, 2007). Tendo em conta o carácter inovador do trabalho realizado e o contexto em que foi implementada a abordagem didática, Prática de Ensino Supervisionada, tendo a futura professora/investigadora acesso a uma turma do 10º ano, e de acordo com a classificação de Pardal *et al.* (1995), a metodologia de um estudo de caso pareceu a mais apropriada, dado possuir, de acordo com os mesmos autores, as seguintes características, que se adequam ao contexto deste estudo:

- permite recolher informação diversificada. A futura professora/investigadora tinha contato próximo com os participantes e acesso a informação que possibilitou caraterizar os participantes, propor atividades com vista à avaliação da progressão das aprendizagens dos alunos e fazer registos sobre as atividades (diário de bordo);
- permite o conhecimento e caraterização de uma situação em concreto e vivenciada. A abordagem foi planificada e implementada em sala de aula pela futura professora/investigadora;
- recorre a métodos qualitativos (observação) e quantitativos (por exemplo, grelha de competências);
- permite analisar pormenorizadamente e intensivamente uma determinada situação (um caso – a implementação da abordagem didática concebida numa turma);
- permite compreender a complexidade de um caso, no presente estudo o desenvolvimento (planificação, implementação e avaliação) de uma abordagem didática ao tema Miniprodução FV.

Os estudos de caso podem apresentar diferentes modalidades, variando de acordo com os objetivos de pesquisa ou do esquema teórico-conceitual subjacente. Segundo Bruyen *et al.* (citado em Pardal *et al.* 1995), as modalidades agrupam-se em três grandes grupos:

- *De exploração*: tipo de estudo que pretende “abrir caminhos a novas investigações”;
- *Descritivos*: tipo de estudo cuja abordagem se desenvolve através da análise pormenorizada de um único objecto sem a ambição de generalizações;
- *Práticos*: estudo que se preocupa com obtenção de resultados para posterior avaliação.

O estudo desenvolvido enquadra-se em todas estas modalidades, apesar de a descritiva (que respeita à planificação da abordagem didática e como esta foi explorada em sala de aula) e a prática (foram recolhidos dados com a intensão de avaliar o impacto da abordagem na aprendizagem dos alunos) serem predominantes.

Apesar deste método se defender de críticas que lhe são apontadas pelo uso de variadas técnicas de recolha de informação, algumas das suas limitações prendem-se com a falta de poder de generalização, a falta de quadros teóricos que acompanhem a avaliação dos resultados obtidos e o carácter prático-utilitário de alguns estudos (Pardal *et al.*, 1995). Porém, relativamente ao poder de generalização, os autores referidos anteriormente, referem que quando os estudos são abrangidos por um quadro teórico capaz de sustentar todos os procedimentos e testar coerência dos resultados, estes são passíveis de generalizações empíricas.

De um modo geral, podemos enquadrar o estudo de caso como uma abordagem metodológica na qual se ambiciona a compreensão, descrição e exploração de acontecimentos complexos nos seus contextos reais. O carácter descritivo, deste método, possibilita-lhe uma profunda capacidade analítica. Deste modo, alguns autores (Pardal *et al.*, 1995; Quivy *et al.*, 2008) defendem a sua utilização em investigação em educação. Nesta área é profícuo utilizar-se uma metodologia que permita uma recolha minuciosa do fenómeno em estudo, visto que é importante descobrir-se o essencial e característico, para uma plena e profunda compreensão de uma situação em particular.

## 2.2. Natureza do estudo: enfoque qualitativo e quantitativo

Da discussão sobre a natureza dos estudos em Educação, quantitativos vs qualitativos, pode-se inferir que se trata de metodologias antagônicas (Pardal *et al.*, 1995). No entanto, de acordo com Sampieri (citado por Silva, 2010, p. 36), os dois métodos possuem cinco fases idênticas: “Ambos realizam observação e avaliação de fenômenos, estabelecem ideias como consequência da observação e avaliação realizadas, testam e demonstram o grau em que as ideias têm fundamento, revisam tais ideias sobre as bases dos testes ou da análise e propõem novas observações e avaliações para esclarecer, modificar ou fundamentar as ideias ou até mesmo, criar outras.”

Rongère (citado em Pardal *et al.* 1995) acrescenta que os métodos são complementares, particularidade evidente ao nível das operações que preparam a observação e que nenhum destes métodos tem a capacidade de anular o nível de validade do outro. O que se deve levar em atenção, relativamente à escolha de um método em detrimento do outro, é a sua capacidade em responder melhor ao problema e às questões de investigação em estudo. Citando Sampieri (citado em Silva, 2010, p. 37) “[...] é possível a mistura de dois enfoques, isto é, a combinação entre os enfoques quantitativo e qualitativo na mesma investigação.” O mesmo autor refere que a possibilidade de combinar os dois enfoques pode assentar em três modelos: o modelo das duas etapas, na qual a utilização dos dois modelos é independente e sequencial; o modelo de enfoque dominante, no qual um enfoque predomina sobre o outro; o modelo misto, onde os dois enfoques são utilizados a par ao longo de um estudo.

Apesar do acima referido, existem algumas diferenças que permitem a seleção de cada enfoque. A pesquisa qualitativa, segundo Brannen (1992) é compreendida como um olhar através de uma grande lente em busca de potenciais inter-relações entre um conjunto previamente especificado de variáveis. Já a pesquisa quantitativa procura através de uma lente estreita um determinado conjunto de variáveis e as suas relações de causa-efeito. Na tradição quantitativa, os instrumentos são uma ferramenta pré-determinada e bem definida que permite que a recolha de dados seja criticada ao nível da flexibilidade e reflexividade, comparativamente ao enfoque qualitativo. Nestes últimos estudos, a técnica de recolha de dados por excelência é a observação, que pode ser participante ou não (Bogdan & Biklen, 1994)

Um estudo qualitativo apresenta cinco características (Bodgan *et al.*, 1994), que se verificam no presente estudo:

- o local do estudo é frequentado pelo investigador, preocupando-se este com o contexto e estando em contacto direto com os participantes. O estudo foi desenvolvido com uma turma em que a futura professora/investigadora realizou a sua Prática de Ensino Supervisionada;
- o estudo é de índole descritiva, os dados são recolhidos através de notas pessoais e entrevistas, ambicionando recolher todos os detalhes e compreender toda a complexidade das situações. Para descrever a abordagem didática implementada, recorreu-se à observação participante;
- o foco do estudo são os processos e não só os resultados. O estudo visou a descrição de uma abordagem, incluindo a sua implementação e a avaliação do impacto ao nível das aprendizagens dos alunos;
- o processo de análise inicialmente é abrangente, reportando-se as estratégias de ensino exploradas, e no final específico, visando a avaliação das aprendizagens dos alunos. Assim, o investigador recolhe o maior número de dados possível e posteriormente analisa o que interessa, para dar resposta às questões de investigação;
- o investigador preocupa-se com a dinâmica interna dos fenómenos em estudo.

Neste estudo optou-se por explorar ambos os enfoques, embora o predominante seja qualitativo. No que respeita à conceção e implementação em sala de aula da abordagem didática, objeto de estudo, a sua descrição qualitativa baseia-se nos documentos produzidos (planificação e trabalhos dos alunos) e na observação direta – diário de bordo. Quanto à avaliação das aprendizagens (questão 2, formulada na secção 2 da introdução desta dissertação), os resultados foram sujeitos a uma análise quantitativa e qualitativa, como se reporta na secção 4 deste capítulo.

### 3. Caracterização dos participantes

O presente estudo desenvolveu-se durante a Prática de Ensino Supervisionada da futura professora/investigadora, na Escola Secundária Jaime Magalhães Lima (ESJML). Esta é uma escola pública, sita na freguesia de Esgueira, do perímetro urbano do concelho de Aveiro. Os intervenientes são os alunos de uma turma do 10º ano de escolaridade do ramo científico que frequentavam a disciplina de Física e Química A.

Para a caracterização dos participantes, que se pode considerar uma amostra por conveniência, tiveram-se em conta a idade e o género. Os dados recolhidos encontram-se sistematizados na Tabela 2

Tabela 2: Caracterização dos participantes (número, idade e género)

Número de alunos	Média de idades	Género	
		Feminino	Masculino
21	15	11	10

No decurso do estudo, os alunos foram organizados em cinco grupos: um grupo com cinco elementos e quatro grupos com quatro elementos. A organização dos grupos teve em conta dois critérios: i) criar grupos com alguma homogeneidade entre si e ii) atender, dentro do possível, às propostas dos alunos. Este processo é descrito com maior detalhe aquando da apresentação da implementação da abordagem didática desenvolvida (capítulo três).

### 4. Instrumentos e técnicas de recolha e tratamento de dados

Nesta secção abordam-se as técnicas e instrumentos utilizados na recolha dos dados, que considerámos adequados para esta investigação.

Dado o objeto de estudo deste trabalho ser a abordagem didática, como referido anteriormente, utilizou-se a observação direta (fazendo registos no diário de bordo e numa grelha de avaliação de competências transversais) e a análise dos documentos produzidos.



No entanto, para avaliar o impacto das estratégias planificadas nas aprendizagens dos alunos recorreu-se a mapas conceptuais.

A análise de documentos, planificação e trabalhos de alunos, foi utilizada para descrever e ilustrar a abordagem didática desenvolvida, não sendo objeto de uma análise de conteúdo sistemática. Os registos na grelha de avaliação de competências transversais foram efetuados em todas as aulas, visando documentar a dinâmica das aulas, no que respeita, por exemplo, ao envolvimento e participação dos alunos nas atividades propostas.

#### 4.1. Observação direta dos participantes

O presente estudo é do tipo estudo de caso, de natureza predominantemente qualitativa. De acordo com os autores como Bogdan *et al.* (1994, p.150), nestes estudos, a observação direta participante é uma das técnicas de recolha de dados mais explorada. Quivy *et al.* (2008) destacam a utilidade da observação direta como um método através do qual se conseguem captar os comportamentos no preciso momento em que ocorrem sem a necessidade de existir um documento ou testemunho.

As técnicas de observação direta participante podem fornecer imensa informação e daí a sua grande utilidade. No entanto, para a sua correta utilização é necessário prepará-la e planeá-la, ou seja, foi necessário definir o que se pretendia observar e quais os instrumentos de registo. Os instrumentos utilizados para o registo das observações foram o diário de bordo, que incluíam a descrição das atividades desenvolvidas em cada aula e reflexões sobre as aulas. Para este trabalho foi essencial perceber se a estratégia aplicada conseguia desenvolver junto dos alunos as aprendizagens necessárias à compreensão do tema em estudo. Para isso foram criados objetivos de aprendizagem (Anexo 1) que serviram de mediadores das observações registadas no diário de bordo.

O diário de bordo é um instrumento que permite ao investigador registar notas das observações no campo e acompanhar o decurso do estudo. Bogdan *et al.* (1994) identificam o diário de bordo como um “ [...] relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experiencia e pensa no decurso da recolha e refletindo sobre os dados de um estudo qualitativo”. Este instrumento foi utilizado durante as aulas – focando-se nas participações dos alunos, nas principais dificuldades na realização das atividades propostas e nas dúvidas. No final das aulas, a futura professora/investigadora registou reflexões

relativas à implementação do caso em estudo. No diário de bordo foram ainda registadas expectativas e dificuldades da professora/investigadora e descrita a dinâmica de cada aula.

Uma das principais dificuldades da observação participante é a falta de padronização. Citando Blalock (1973, p. 54) “ Cada cientista social é como um jornalista escrevendo sua própria história; há pouca garantia que vários jornalistas diferentes relatem a mesma história”. Esta citação releva algumas limitações referidas na bibliografia da área a esta técnica de recolha de dados: a interpretação subjectiva e parcial, a influência da memória, dos gostos e das crenças do observador. Contudo, estas limitações poderão ser ultrapassadas quando os registos são acompanhados por grelha de observação (Moreira, 2008), o que foi explorado para a avaliação das competências transversais desenvolvidas pelos alunos (ver anexo 9).

Outras das dificuldades referidas é o facto da presença do investigador, durante as expectativas, poder influenciar as atitudes e comportamentos dos alunos (Bogdan *et al.*, 1994). Neste estudo, minoraram-se estas dificuldades, uma vez que a futura professora/investigadora acompanhou a turma desde o início do ano letivo. Além disso, tanto a futura professora/investigadora como os orientadores da Prática de Ensino Supervisionada faziam registos com o objetivo de fundamentar as suas avaliações das atividades em curso e perceber a evolução dos alunos.

#### 4.2. Mapas conceptuais

Os mapas conceptuais foram analisados quantitativa mas também qualitativamente, tendo em vista a avaliação das aprendizagens dos alunos relativas ao tema da abordagem didática. A avaliação destes versou dois aspetos; por um lado, contabilizou-se o número de conceitos que os alunos incorporavam corretamente nos mapas elaborados nos dois momentos em que estes foram explorados (antes e após a abordagem didática) e, por outro, verificou-se como os alunos utilizavam os mapas como mediadores das suas aprendizagens. Esta “avaliação” qualitativa foi efetuada através da presença/ausência da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e da associação correta de conceitos.

O instrumento de avaliação e, portanto, a construção dos mapas foi feita em duas etapas. Na primeira, os alunos identificavam de entre uma lista de conceitos quais os que conheciam (assinalando com um X). Na fase seguinte, tinham de elaborar um mapa

conceptual com os conceitos que conheciam. Tendo em conta que só eram contabilizadas as associações corretas – associações referidas como válidas –, a futura professora/investigadora insistia para que os alunos fizessem o maior número de associações, criando uma teia de conceitos, e recorressem a exemplos para completar o mapa conceptual.

Como se detalha na secção seis, do capítulo III, através dos mapas conceptuais conseguiu-se perceber de que modo os alunos organizam as suas aprendizagens, quais as principais dificuldades ao nível do estabelecimento de relações entre os conceitos e deste modo identificar onde residiam as suas dúvidas/dificuldades.

## 5. Validação das estratégias propostas e dos materiais desenvolvidos

Antes e durante a implementação da proposta didática foram realizadas sessões de trabalho para a discussão e avaliação das estratégias dos materiais produzidos. Nas discussões estiveram sempre presentes: a futura professora/investigadora, o professor colaborador (Mestre José Manuel Lopes, professor da escola em que decorreu o estudo, a ESJML), professor orientador do estágio e da investigação (Doutor Mário Talaia, professor dos Departamentos de Física e membro do Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Professores, da Universidade de Aveiro) e a professora também orientadora da investigação (Doutora Maria João Loureiro, professora do Departamento de Educação e membro do atrás referido centro). Para além destes elementos, recorreu-se a outros investigadores, nomeadamente ao Doutor António Cunha, professor do Departamento de Física, da Universidade de Aveiro, que auxiliou na validação científica da abordagem desenvolvida, e ao Engenheiro Jorge Cantadeiro, da empresa RedeRia<sup>7</sup>, cuja ajuda foi fundamental para aprofundar aspetos relativos a sistemas de Miniprodução e Microgeração FV, ao nível do seu dimensionamento e da legislação vigente.

---

<sup>7</sup> Empresa de prestação de serviços na execução de projetos e na instalação e manutenção de redes de telecomunicações, telemetria e controlo. <http://www.rederia.pt/>



## CAPÍTULO IV

### CASO DE ESTUDO

Tendo em conta a finalidade do estudo - desenvolver (conceber, implementar e avaliar) uma abordagem didática ao tema da Miniprodução FV e, perante as opções metodológicas (secção 2 do capítulo III) - estudo de caso, faz-se, neste capítulo a apresentação do caso. Alude-se ainda ao impacto da sua implementação e à evolução das aprendizagens dos alunos relacionadas com o tema. Assim, o capítulo foi estruturado em torno:

- 1) da conceção da abordagem didática ao tema da Miniprodução FV: desde a seleção do tema, à estratégia e aos recursos didáticos produzidos;
- 2) da implementação da abordagem didática ao tema da Miniprodução FV: descrição sequencial das aulas nas quais se implementou a estratégia didática;
- 3) da avaliação e aprendizagem das competências envolvidas: resultados dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos e dos testes de conhecimentos.

#### 1. Conceção da abordagem didática ao tema da Miniprodução FV

Para este trabalho foi selecionado o objeto de ensino “A radiação solar na produção de energia elétrica – painel fotovoltaico”. Este tema faz parte da Unidade 1 da componente de Física, referida no programa de Física e Química A, para os 10.º ou 11.º anos de escolaridade, do Ministério da Educação (Ministério da Educação, 2001, p. 62)

O objeto de ensino, acima referido, já havia sido abordado nas aulas do orientador pedagógico – a abordagem, que se descreve, foi implementada numa aula de 135 minutos com componente prático-laboratorial: *Atividade Laboratorial 1.2 – Energia elétrica fornecida por um painel fotovoltaico*. A seleção deste objeto de ensino foi efetuada pelo impacto que tem na atualidade e pela curiosidade que os alunos revelaram relativamente ao tema. Acredita-se que é um assunto relevante para o dia-a-dia dos alunos e para o progresso destes, tanto a nível social como profissional.

Como referido no capítulo I, a abordagem didática desenvolvida para este trabalho assenta em indicadores da literatura relacionados com:

- o ensino CTS;
- a aprendizagem baseada na Resolução de Problemas;
- as TIC em Educação em Ciência;
- a utilização de mapas conceptuais como reguladores de aprendizagens relativas ao tema da Miniprodução FV.

Sendo assim, todas as estratégias concebidas são ajustadas a estas bases e à natureza do problema. Procurou-se em todos os momentos encorajar a participação dos alunos nas atividades, contribuir para que tivessem um papel ativo no processo de ensino e de aprendizagem e que percecionassem a importância e a necessidade de desenvolverem competências para serem cidadãos cientificamente literados.

O percurso didático foi desenvolvido em quatro etapas, que se apresentam seguidamente:

## ❶ Identificação/definição da questão-problema

*“Qual a viabilidade e benefícios da instalação de um sistema de Miniprodução Fotovoltaica na Escola Secundária Jaime Magalhães Lima? Que características deve ter o sistema?”*

O primeiro momento foi de definição da questão-problema de partida que se prendia com a pesquisa de soluções para os elevados níveis de consumo de energia elétrica da escola. Foi também tido em consideração o objeto de estudo – *“A radiação solar na produção de energia elétrica – painel fotovoltaico”* –, a crescente utilização destes sistemas na Sociedade atual e a política de Educação para a Sustentabilidade da ESJML.

## ❷ Análise dos conteúdos a trabalhar para encontrar soluções para a questão-problema

Com o intuito de preparar a abordagem didática e, simultaneamente, identificar os conteúdos fundamentais (pré-requisitos) à compreensão do objeto de ensino e factos que permitissem resolver o problema de partida, foi organizado um mapa conceptual, como se mostra na Figura 1. Este

mapeamento permitiu ter uma visão global do objeto de ensino e ilustrar as principais relações entre os conceitos relevantes. As caixas dos conceitos encontram-se com cores diferentes com o intuito de se identificarem as dimensões CTS – com a cor azul identificam-se os conceitos relacionados com a Ciência, a verde os que se relacionam com a Tecnologia e a vermelho com a Sociedade. Alguns conceitos apresentam-se sombreados dado considerar-se que partilham as referidas dimensões.

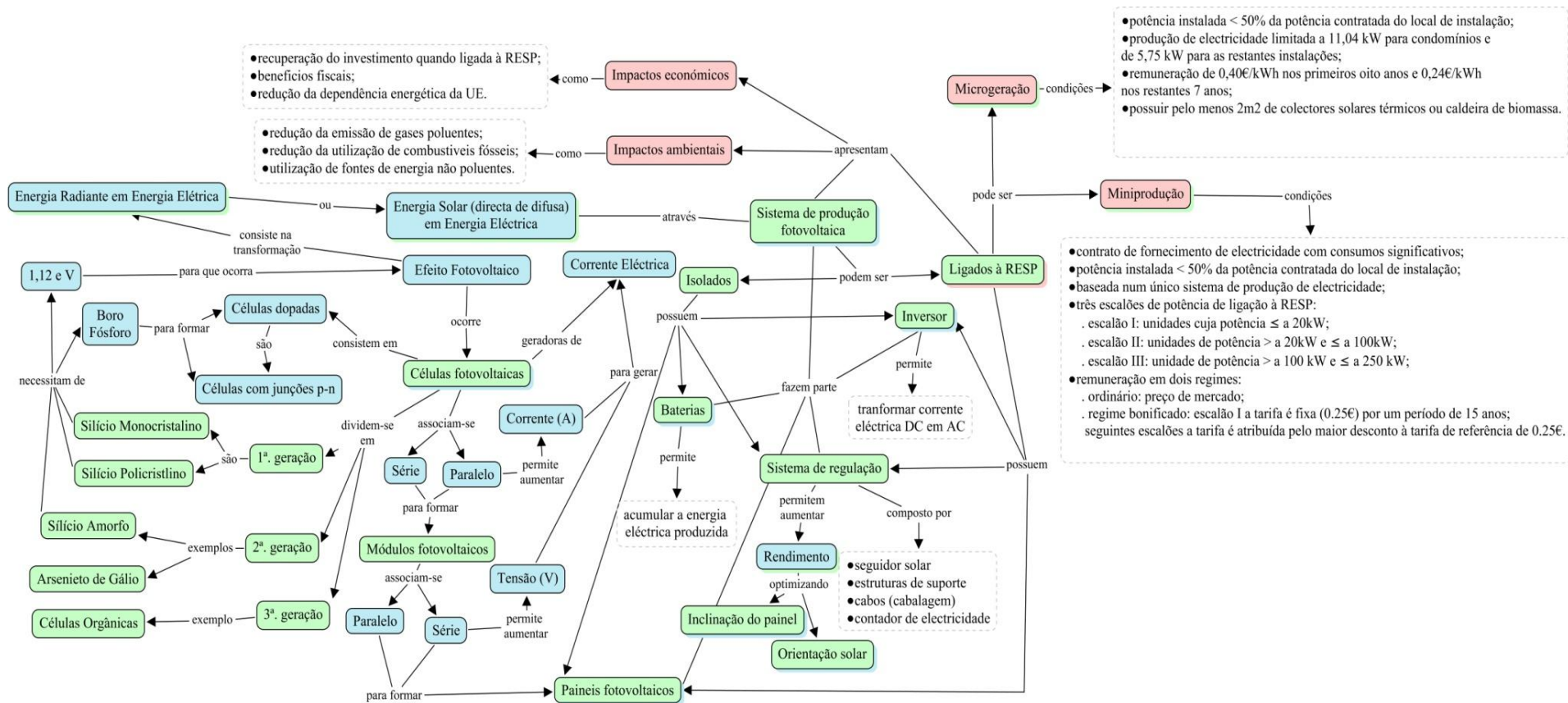


Figura 1: Mapa conceitual do objeto de ensino



Os objetivos de aprendizagem/competências específicas formulados a partir do mapeamento e com base na literatura da especialidade (Castro, 2008; Energy, 1998 a; Energy, 1998 b; Energy, 1998 c; Hasnain, Alawaji, & Elani, 1998; Hasnain, Elani, Al-Awaji, Aba-Oud, & Smiai, 1995; Hennessy et al., 2002; Vallêra, 2006) foram os seguintes: o aluno deve ser capaz de:

- Indicar a constituição de uma célula FV.
  - Região tipo n (Si dopado com fósforo), região tipo p (silício dopado com boro), junção p-n e contactos metálicos com ambas as regiões.
- Explicar a necessidade de existirem duas regiões distintas, região p e n, em células FV.
  - Estas regiões resultam do material dopante que se associa às células FV. Estes materiais (boro e fósforo) criam uma diferença de potencial (ddp) – diferença dada pela transferência de eletrões entre estas duas camadas.
- Enumerar as 3 gerações de células FV e descrever que o seu progresso se deve ao aperfeiçoamento das suas características
  - 1ª. – silício monocristalino e policristalinos; 2ª. – películas finas (silício amorfo, Arsenieto de gálio (GaAs) e compostos policristalinos); 3ª – células orgânicas, que têm diferentes eficiências/ rendimento e custos.
- Distinguir efeito fotovoltaico de efeito fotoelétrico.
  - A distinção entre estes dois fenómenos reside no facto de que no primeiro [efeito fotovoltaico] um fóton com determinada energia (1,12 eV para o Si) incide numa região do material semicondutor que possui um excesso de cargas negativas [região n]. Como consequência é transferido um eletrão para a região que possui um défice de cargas negativas [região p]. Esta “transferência” de eletrões gera uma ddp entre as regiões n e p de aproximadamente 0,6 Volts (para o Si). No efeito fotoelétrico ocorre a emissão de eletrões por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta (esta frequência depende do material).
- Relacionar as associações em série e em paralelo de células FV com o aumento da tensão e a corrente, respetivamente.
  - As associações, em série e em paralelo, de células FV são criadas tentando atender às necessidades energéticas dos utilizadores. Estas associações formam módulos

que por sua vez também se agrupam em série e em paralelo, tendo o mesmo objeto das associações anteriores. Os agrupamentos de módulos denominam-se painéis fotovoltaicos.

➤ Referir os elementos constituintes de um sistema fotovoltaico e indicar as suas finalidades/objetivos:

- Os painéis fotovoltaicos e as estruturas dispositivos de interface e de regulação – inversor de corrente elétrica, cabos, contador de eletricidade, baterias e estruturas de suporte. O inversor é um elemento de interface entre o painel e os equipamentos, de modo a adequar as formas de onda das grandezas elétricas DC do painel às formas de onda AC exigidas pelos equipamentos domésticos. Os cabos conduzem a corrente elétrica quer do painel ao inversor, do inversor ao contador e deste último à rede e aos equipamentos. O contador permite taxar a corrente elétrica produzida e/ou pretendida no caso de sistemas ligados à rede. As baterias são exclusivamente utilizadas em sistemas fotovoltaicos isolados, pois permitem armazenar a energia para ser utilizada posteriormente quando as condições externas não permitem atender às necessidades dos utilizadores. As estruturas de suporte permitem aparelhar todo sistema.

➤ Analisar as variáveis de que depende o rendimento de um painel fotovoltaico e como poderão maximizá-lo, tendo em vista a tomada de decisões.

- O painel fotovoltaico deve ser orientado de forma a “receber” o máximo de radiação incidente (orientação a Sul e inclinação conveniente) e ter em atenção que o rendimento/eficiência das células é condicionado pela temperatura.

➤ Distinguir um sistema de Microgeração Fotovoltaico isolado de sistema de Microgeração Fotovoltaico ligado à rede elétrica de serviço público (RESP).

- O sistema de Microgeração fotovoltaico isolado necessita de baterias para armazenamento de energia, não vende a energia elétrica produzida à RESP e não produz energia elétrica quando não existem condições propícias à produção de energia elétrica. No entanto a sua utilização é pertinente quando a requisição de energia elétrica não está ao alcance do consumidor.

➤ Enumerar as vantagens e desvantagens que os sistemas de Microgeração e Miniprodução Fotovoltaica apresentam.

-As desvantagens passam fundamentalmente pelo custo dos sistemas. As vantagens prendem-se com a utilização de fontes renováveis de energia e não poluentes. Quando os sistemas se encontram ligados à RESP, ao fim de um determinado tempo de vida, o

investimento pode ser recuperado. Estes sistemas não necessitam de manutenções periódicas e têm um prazo de vida de aproximadamente 25 anos.

### ③ Preparação de recursos para alcançar os objetivos acima elencados.

Nesta etapa, pretendeu-se, por um lado, propiciar a aquisição dos objetivos de aprendizagem acima referidos, mas também desenvolver competências de nível processual (ex. analisar e interpretar dados, elaborar conjecturas e criticar a validade dos resultados obtidos), social e atitudinal (ex. trabalho em equipa, argumentar e defender posições, utilizar as TIC e assumir responsabilidades, consignadas nas orientações curriculares (Ministério da Educação, 2001). Para tal, foram propostas as seguintes atividades:

- Trabalho de pesquisa orientado, em grupo (Anexo 2).
- Discussão de ideias/correção do trabalho de pesquisa.
- Simulação de dimensionamento de painéis FV com o programa *SunnyDesign*<sup>9</sup>.
- Visita às instalações no Departamento de Física da área de investigação de painéis FV;
- Apresentação e discussão das diferentes propostas de dimensionamento de painéis FV.
- Teste de conhecimentos.
- Apresentação dos projetos à Comunidade Escolar.

A descrição completa e detalhada das atividades encontra-se na planificação no Anexo 1. Esta planificação foi desenvolvida de acordo com o modelo proposto pelo Professor orientador pedagógico e reporta-se às sessões nas quais houve contacto com os alunos, em ambiente formal – sala de aula.

---

<sup>9</sup> O programa *SunnyDesign* é um programa de dimensionamento de painéis fotovoltaicos de livre acesso em <http://www.sma.de/en/products/software/sunny-design.html>. Utilizou-se este programa porque não acarreta custos de utilização, é utilizado com um grau elevado de fiabilidade em empresas que instalam sistemas fotovoltaicos (*Endovélico – Energias Renováveis, Lda., RedeRia*) e pertence ao maior fabricante de inversores (*SMA Solar Technology*).

#### ④ Apresentação, discussão e conclusões – resposta ao problema

Nesta última fase pretendeu-se dar resposta(s) à questão-problema, de forma fundamentada e crítica. De um modo geral, nesta última etapa, cada grupo, apresentou o seu percurso, bem como a resposta à questão problema de forma fundamentada. A apresentação foi feita em forma de debate de modo a que os autores [alunos] esclarecessem a plateia e, também, de forma a verificar a viabilidade do(s) plano(s) de resolução.

## 2. Implementação da abordagem didática ao tema da Miniprodução FV

### 3.1. Introdução

Nesta secção descrevem-se e analisam-se:

- As aulas e sessões de trabalho extra aula onde foi implementada a abordagem didática desenvolvida;
- Os trabalhos realizados pelos alunos.

No final, apresenta-se uma reflexão sobre todo o percurso de atuação para o desenvolvimento desta proposta didática.

### 3.2. Descrição e análise das aulas e sessões de trabalho extra aula

A implementação da estratégia decorreu no período entre 5 de Abril a 21 de Junho de 2011, em contexto de sala de aula e em sessões de trabalho extra aula, decorrentes das necessidades dos diferentes grupos de trabalho.

Na tabela 3 apresenta-se o calendário de atuação:

Tabela 3: Calendário de atuação

Data	Descrição
5 Abril	Aula 1
8 de Abril	Entrega do trabalho de pesquisa de grupo
2 de Maio	Recolha do trabalho de pesquisa de grupo
6 de Maio	Sessão 1 - Visita dos Professores à <i>RedeRia</i>
23 de Maio	Aula 2
27 de Maio	Aula 3
2 Junho	Sessão 2 - Visita ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro
6 de Junho	Sessão 3.1 - Reunião com o grupo do sistema de Silício Amorfo
13 de Junho	Sessão 3.2 - Reunião com o grupo do sistema de Silício Policristalino com seguidor solar Sessão 3.3 - Reunião com o grupo do sistema de Silício Policristalino sem seguidor solar
15 de Junho	Sessão 3.4 - Reunião com o grupo do sistema de Silício Monocristalino sem seguidor solar Reunião Sessão 3.5 – Reunião com o grupo do sistema de Silício Monocristalino com seguidor solar
16 de Junho	Aula 4
17 de Junho	Aula 5
20 de Junho	Sessão 4 - Reunião com os alunos sobre a apresentação à Comunidade Escolar
21 de Junho	Sessão 5 - Apresentação à Comunidade Escolar

Descrevem-se seguidamente as aulas e sessões de aplicação da abordagem didática para o desenvolvimento do projeto: *Miniprodução da Escola Secundária Jaime Magalhães Lima*. Esta descrição encontra-se organizada cronologicamente por aula ou sessão e cada uma contém:

- A apresentação e finalidade da aula ou sessão;
- Uma breve descrição das atividades propostas realizadas, bem como uma reflexão sobre a aula ou sessão.

## **AULA 1**

Nesta primeira aula pretendia-se despertar o interesse dos alunos pelo trabalho, discutir algumas ideias sobre a utilização da radiação solar como recurso energético, formar grupos de trabalho (grupos homogêneos), apresentar o programa de dimensionamento – *SunnyDesign* – e aplicar a primeira fase do teste de conhecimentos.

### **DESCRIÇÃO REFLEXIVA DA AULA**

Os alunos entraram na sala e sentaram-se nos locais desejados. Logo no início da aula duas alunas foram ter com a futura professora/investigadora. Estavam curiosas acerca do projeto que se iria desenvolver, porque o professor José Lopes (professor orientador da Prática de Ensino Supervisionada) já lhes havia transmitido a ideia que a turma iria participar num projeto muito interessante para a ESJML.

Quando todos os alunos estavam sentados, foi entregue o teste de conhecimentos (avaliação diagnóstica). Estavam todos um pouco agitados e tentavam discutir as ideias com colegas de carteira. De modo a obter resultados individuais, foi dito aos alunos que os resultados não iriam contar para avaliação e que não se preocupassem com o que não sabiam, já que era provável que não conhecessem alguns conceitos que estavam no teste. Na fase 2 do teste – realização do mapa de conceitos, a futura professora/investigadora teve de explicar aos alunos, de modo sucinto como deveriam construir o mapa: os conceitos dentro de caixas ou balões (a professora exemplificou no quadro), ligados com os demais por meio de setas conectoras e que estas setas deveriam conter informação (palavras ou frases) que permitissem uma melhor compreensão de todas as associações. No final da construção [mapa de conceitos] deveriam rever todas as conexões e perceber se estariam bem executadas, criando uma sequência lógica de ideias. Nesta segunda fase [construção do mapa conceptual], os alunos aplicaram-se bastante. Alguns tiveram o cuidado de o fazer primeiro numa folha de rascunho ou a lápis e só depois passaram a caneta. Constatou-se que houve alunos que tinham assinalado alguns conceitos como conhecidos, mas na inclusão destes no mapa tiveram algumas dificuldades e pediram ajuda – as ajudas passavam pela inclusão destes no mapa ou mesmo na clarificação do seu significado. Quando a futura professora/investigadora se apercebeu que muitos alunos estariam a recorrer a ela para os ajudar foi reforçada novamente a ideia de que nesta primeira abordagem todo o material recolhido não iria entrar para a avaliação. Foi também

indicado que os conceitos que eles não reconheciam iam ser revistos durante as próximas aulas e que o objetivo desta ficha de avaliação de conhecimentos era para verificar quais as principais dúvidas e o que conheciam acerca de sistemas fotovoltaicos e Microgeração.

Após todos os alunos terem entregue o teste de conhecimentos a futura professora/ apresentou, em traços gerais, o projeto que se iria desenvolver – pretendia-se dimensionar painéis fotovoltaicos para a ESJML e que o dimensionamento iria ser feito em grupos de 5 elementos, apresentando cada grupo no final uma proposta. Seguidamente fez-se a apresentação do programa *SunnyDesign* e uma breve simulação. Na simulação focaram-se os pontos-chave para a utilização do programa:

- Seleção do fabricante de módulos FV;
- Seleção dos módulos e consequentemente do tipo de células FV (silício amorfo, silício Policristalino e silício monocristalino);
- Indicação do número de módulos necessários para atingir a potência requerida – potência de pico dos painéis (potência fornecida pelos módulos em condições normais de temperatura de pressão) ou apenas introdução da potência de pico necessária;
- Introdução das características do sistema FV desejado, ou seja, com ou sem seguidor (rastreamento);
- Informações que o programa fornece acerca dos módulos escolhidos: dimensões e peso;
- Escolha do inversor de corrente elétrica – este deve estar otimizado de modo a que o coeficiente de potência esteja na faixa entre os 90% e os 115%; a tensão nos módulos tem de ser superior à tensão no inversor, entre outras. Porém, como o sistema controla todas as variáveis, quando o dimensionamento não está a ser bem-sucedido o programa refere que há perda de rendimento do sistema.
- No fim obtém-se uma previsão detalhada das escolhas que se fez: o número de módulos, a área necessária para a sua instalação, o número de inversores necessários e a sua área, o rendimento, o fator de eficiência do inversor, a taxa de desempenho...

Para a formação dos grupos de trabalho, foi perguntado aos alunos como preferiam trabalhar: nos grupos habituais ou em novos grupos. Como a maioria respondeu novos grupos a futura professora/investigadora pediu que fizessem uma proposta. Durante a discussão da proposta a futura professora/investigadora tentou fazer com que os grupos fossem homogêneos entre si, dado considerar-se importante que em todos os grupos

houvesse alunos igualmente motivados, que investissem, defendessem e se orgulhassem por apresentar bons trabalhos.

No final da aula, a futura professora/investigadora referiu que além deste trabalho iriam ter de fazer algumas pesquisas orientadas, para os ajudar a compreender os fenómenos e, posteriormente, a defenderem assertivamente as suas posições. O primeiro trabalho iria ser facultado no dia 8 de Abril e deveria ser entregue no dia 2 de Maio (em formato de papel ou digital).

### **SESSÃO 1**

A fim de esclarecer eventuais dúvidas sobre sistemas de Microgeração FV, foi agendado para o dia 6 de Maio uma visita dos professores intervenientes no projeto, à RedeRia (<http://www.rederia.pt/>). A visita foi conduzida pelo Engenheiro Jorge Cantadeiro e, no final, houve uma apresentação sobre energia FV.

Inicialmente o projeto para a ESJML seria sobre Microgeração FV, porém, tendo dia 8 de Março de 2011, sido publicado em DR no Decreto-Lei n.º 34/2011, o regime jurídico para a produção de eletricidade através de instalações de pequena potência – lei da Miniprodução<sup>10</sup> – o trabalho foi encaminhado neste sentido. Durante a sessão de esclarecimento percebeu-se como funcionava, em termos legais, este sistema e teve-se contacto com um painel FV de silício monocristalino com seguidor solar. Esta reunião constituiu um grande passo para se conseguir avançar com confiança com o projeto proposto aos alunos.

### **AULA 2**

Pretendeu-se com esta aula discutir com os alunos os resultados dos trabalhos de pesquisa.

#### **DESCRIÇÃO REFLEXIVA DA AULA**

A futura professora/investigadora iniciou a aula questionando os alunos sobre as dúvidas que tiveram na resolução do trabalho de pesquisa orientado (Anexo 2). Estes

---

<sup>10</sup> Decreto-lei n.º 34/2011, de 8 de Março de 2011, I Série, Número 47, páginas 1316-1325. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Retirado de <http://dre.pt/pdf1sdip/2011/03/04700/0131601325.pdf>, em 2 de Maio de 2011.



indicaram que não tiveram grandes dificuldades dado que a bibliografia de apoio, nomeadamente páginas eletrónicas, continha bastante informação esclarecedora.

Com o intuito de incentivar a discussão dos assuntos, optou-se por seguir a sequência do trabalho de pesquisa, porém, possivelmente porque o trabalho fora realizado há algum tempo (3 semanas), as intervenções dos alunos foram esporádicas e raramente espontâneas. Dada esta inibição na participação, a futura professora/investigadora perguntou aos alunos se ainda se lembravam da informação que haviam pesquisado; como a maioria dos alunos permaneceu calada, foi-lhes entregue a ficha de trabalho corrigida e foi-lhes proposto que se juntassem nos grupos de trabalho e que discutissem a correção. Nesta discussão foram despendidos 30 minutos da aula. A futura professora/investigadora ia percorrendo os grupos explicando e esclarecendo os comentários da correção, bem como as dúvidas dos alunos.

Após a discussão intra-grupo, retomou-se a aula planeada. O número de participações voluntárias aumentou e a discussão tornou-se dinâmica. No decurso da discussão, as principais dificuldades dos alunos identificadas foram na constituição das células FV e na compreensão do efeito fotovoltaico. Porém, havia alunos, apesar de em número reduzido, que mostraram estar perfeitamente à vontade na discussão sobre o efeito fotovoltaico. Inclusive, uma aluna bastante interessada questionou sobre a estrutura cristalina do Silício, qual seria a energia necessária para que os eletrões passassem da banda de valência para a banda de condução e qual o motivo da escolha de cristais de Silício em vez de outros cristais com um *gap* de energia inferior. A futura professora/investigadora respondeu e esclareceu a aluna.

Para a apresentação síntese, em formato de *PowerPoint*, foram utilizadas algumas respostas dos trabalhos dos grupos e pediu-se-lhes que fossem os mesmos a discutir com os colegas as principais ideias. Esta estratégia ambicionava aumentar as interações e a participação voluntária de todos os alunos.

A proposta de aula apresentada não foi concluída, faltando abordar os propósitos da Miniprodução, nomeadamente os requisitos para a instalação de um sistema de Miniprodução e regimes de produção e remuneração de energia elétrica.

### **AULA 3**

A aula tinha como finalidade introduzir e trabalhar com o simulador de dimensionamento *SunnyDesign*.

#### **DESCRIÇÃO REFLEXIVA DA AULA**

Uma vez que não se concluiu o que estava programado para a aula anterior, a primeira parte da aula, aproximadamente 45 minutos, destinou-se à sua conclusão.

Para a exploração do programa *SunnyDesign*, distribuiu-se aos grupos de trabalho um guião de exploração do programa (Anexo 3). Este guião tinha como finalidades auxiliar os grupos a trabalhar com o programa e a desenvolver a proposta de dimensionamento. Houve necessidade de desenvolver o guião uma vez que a utilização do simulador, por parte de empresas promotoras de sistemas baseados em fontes renováveis de energia, faz dele um recurso com muita informação e com detalhes muito específicos, que estão fora do leque de conhecimentos dos alunos deste nível de escolaridade. O guião também continha pontos-chave que os grupos deveriam desenvolver aquando da(s) apresentação(ções) do(s) projeto(s).

A execução da parte prática pareceu não oferecer muitas dúvidas aos alunos. Os alunos trabalharam em grupos (grupos de 5 e de 4 elementos) e trouxeram os seus computadores portáteis. As principais dificuldades surgiram na interpretação dos resultados, nomeadamente no cálculo das áreas necessárias à instalação do sistema.

Apresentam-se na Figura 2 algumas imagens dos grupos em trabalho e do ambiente em sala de aula, neste dia.



Figura 2: Fotografias da aula 3; a) e b) grupos a trabalhar no programa *SunnyDesign*, c) ambiente em sala de aula

## SESSÃO 2

Nesta sessão os alunos e os professores colaboradores (a futura professora/investigadora e o orientador da Prática de Ensino Supervisionada) visitaram as instalações da área de investigação da tecnologia FV, no Departamento de Física da Universidade de Aveiro. A visita foi guiada pelo Doutor António Cunha.

Na visita os alunos estiveram em contacto com módulos FV baseados em células de Silício Monocristalino e Policristalino, com um sistema FV isolado (com baterias de armazenamento de energia elétrica), que fornecia energia elétrica para as luzes de presença na cobertura do Departamento de Física, coletores solares e visitaram o laboratório de investigação e desenvolvimento de células FV de filmes finos, nomeadamente de Cobre, Índio, Gálio e Selénio (CIGS).

A visita iniciou-se na cobertura do Departamento de Física com a visualização e discussão de módulos FV baseados em células de Silício Monocristalino e Policristalino. Os alunos mostraram-se bastante motivados e colocaram questões como, por exemplo, “Se

o painel FV não estiver bem orientado podemos acrescentar células FV para obter um rendimento superior?; Podemos ter num mesmo painel diferentes tipos de células?; Os painéis são vendidos sempre com o mesmo número de células, ou compramos as células e vamos adicionando-as até termos a potência desejada? ”, ao Doutor António Cunha, que conduziu dedicadamente a visita.

Os alunos contactaram assim com a diferença entre os dois tipos de células supracitadas; ao nível morfológico, de produção e de rendimento. Seguidamente acompanhara-se o Doutor António Cunha ao local onde se encontravam as baterias e os inversores de corrente DC em AC. Nesse momento discutiram-se pormenores deste tipo de sistema, como as finalidades dos componentes, vantagens e desvantagens de estarem ligados à RESP. Como os alunos já possuíam alguns conhecimentos nesta área, a visita foi bastante interativa, tendo os alunos respondido às questões do professor Doutor António Cunha e colocado as suas dúvidas . Apresentam-se, na Figura 3, duas fotografias recolhidas neste dia:



Figura 3:Visita ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro – Professor Doutor António Cunha a discutir com os alunos acerca dos módulos FV baseados em a) células de Silício Monocristalino, b)células de Silício Policristalino; b) observa-se ao fundo coletor solar

Como os alunos já haviam estudado o funcionamento de coletores solares e dado que na cobertura do Departamento de Física existia um coletor solar, a discussão encaminhou-se neste sentido. Mais uma vez se registou que os alunos participaram ativamente na discussão. Por fim, visitou-se o laboratório de investigação de células FV (Figura 4) localizado no Departamento de Física. Foram apresentados alguns aparelhos para

o desenvolvimento destas células e foi feito, pelo Doutor António Cunha, um enquadramento da situação atual de desenvolvimento de células FV.



Figura 4: Visita ao laboratório de investigação e desenvolvimento de células FV

Esta visita teve bastante impacto ao nível da formação dos alunos porque foi-lhes possível sistematizar alguns conhecimentos, esclarecer dúvidas, estarem próximos do objeto de ensino e perceber relações que em ambientes de sala de aula não são fáceis de compreender e/ou mostrar.

### **SESSÕES 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 E 3.5**

Nestas sessões a futura professora/investigadora acompanhou cada grupo. A opção de se fazerem sessões de esclarecimento por grupo prendeu-se com o facto de em 90 minutos (período normal de uma aula) não ser possível dar o apoio necessário a todos os grupos. Estas sessões foram marcadas de acordo com a disponibilidade dos alunos do grupo na ESJML.

O primeiro grupo foi o grupo do sistema FV baseado em células de Silício Amorfo. Nesta sessão, a futura professora/investigadora esclareceu algumas dúvidas do grupo relativamente às vantagens deste sistema, ao local de instalação e aos pontos-chave que deveriam ser focados na apresentação do dia 17 de Junho de 2011.

As sessões de esclarecimentos, dos restantes grupos, foram realizadas na seguinte ordem: segundo grupo: - sistema FV baseado em células de Silício Policristalino com seguidor solar; terceiro grupo - sistema FV baseado em células de Silício Policristalino sem seguidor solar; quarto grupo - sistema FV baseado em células de Silício

Monocristalino sem seguidor solar; quinto grupo - sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino com seguidor solar. A estratégia de acompanhamento foi semelhante à do primeiro grupo e as dificuldades verificadas foram semelhantes, bem como o nível de trabalho já desenvolvido, apesar dos últimos dois grupos terem tido mais uma semana comparativamente aos primeiros.

O grupo que apresentou mais dificuldades foi o segundo. Quando lhes foi perguntado qual a orientação e inclinação que o grupo considerava ótima para um sistema sem seguidor solar, não houve consenso nas respostas e alguns elementos ainda não sabiam explicar o funcionamento de uma célula FV. Mais uma vez sobressaíram as mais-valias de um apoio direcionado e em pequenos grupos. A futura professora/investigadora pode perceber e esclarecer as principais dúvidas dos alunos e promover a evolução do processo de ensino e de aprendizagem.

#### **AULA 4**

Esta aula tinha como finalidade apoiar os alunos no desenvolvimento das apresentações em PowerPoint dos dimensionamentos e realizar o segundo teste de conhecimentos.

#### **DESCRIÇÃO REFLEXIVA DA AULA**

A aula decorreu com a turma dividida em turnos. Uma dificuldade desta aula foi a impossibilidade dos grupos trabalharem com todos os elementos dado os alunos estarem divididos pelos dois turnos.

A maioria dos grupos já tinha as apresentações quase concluídas, só o terceiro grupo é que estava mais atrasado.

A aula com os alunos em turnos permitiu à futura professora/investigadora acompanhar durante mais tempo os grupos, dar mais apoio e avaliar com maior detalhe os trabalhos.

Os alunos mostraram-se bastante empenhados nas defesas dos projetos e no desenvolvimento das apresentações.

Nos últimos 20 minutos da aula com cada turno a futura professora/investigadora entregou aos alunos os testes de conhecimentos em que, à semelhança da primeira vez, os alunos teriam de identificar os conceitos que conheciam e recriar um mapa conceptual.

Desta vez os mapas recolhidos estavam mais completos e abrangentes. A maioria dos alunos utilizou exemplos e características particulares nos componentes do sistema FV – compararam o rendimento, o custo e a área dos diferentes tipos de células FV de Silício. A apreciação dos mapas encontra-se detalhada na secção 7 deste capítulo – Avaliação das aprendizagens e competências envolvidas.

## **AULA 5**

A aula tinha como finalidades: a apresentação dos projetos de dimensionamento de painéis FV pelos grupos à turma e a organização da apresentação final à Comunidade Escolar.

### **DESCRIÇÃO REFLEXIVA DA AULA**

Nesta aula pretendia-se que os grupos apresentassem à turma e aos professores colaboradores no projeto (futura professora/investigadora, professor orientador da Prática de Ensino Supervisionada e professores orientadores da investigação) os projetos de dimensionamento e sua defesa.

As propostas de dimensionamento baseiam-se num sistema de Miniprodução FV no primeiro escalão (escalão I) de produção. A escolha deste escalão, sistemas com limite de produção de 20kW, prende-se com o facto de a remuneração poder ser no regime bonificado – neste regime a remuneração é baseada no escalão de potência de ligação à rede elétrica de serviço público (RESP) e, para o escalão I a tarifa é fixa (0,25€) por um período de 15 anos (para os seguintes escalões a tarifa é atribuída pelo maior desconto à tarifa de referência de 0.25€).

A ordem das apresentações foi sorteada e a sequência foi a descrita nos parágrafos seguintes, em que se faz uma síntese de cada uma das apresentações.

#### **1º - Sistema FV baseado em células de Silício Amorfo (Anexo 4.1);**

Como referida, na apresentação (Anexo 4.1), os alunos abordaram as principais ideias sobre Miniprodução, mais especificamente a FV, apresentaram as características deste tipo de células FV e quais as suas vantagens em termos de utilização – são o tipo de

células mais baratas, existe produção nacional (SolarPlus <http://www.solarplus.pt/>, em Oliveira do Bairro), o seu rendimento não é muito influenciável por condições atmosféricas adversas, podem ser colocadas como cobertura e permitem a passagem de luz, podendo funcionar como claraboia, etc. Apresentaram também uma proposta para o local de instalação – polivalente da escola. Escolheram este local devido a este necessitar de obras de melhoria, estar próximo do contador de eletricidade, não ser influenciado por sombras e, como este tipo de material é semitransparente, pode-se aproveitar a luz do dia, não estando sempre dependente de luz artificial. Na tabela 4 apresentam-se as características do sistema FV apresentado.

Tabela 4: Características do sistema baseado em células FV com Silício Amorfo

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA					
	Características do módulo		Características do Inversor		Características gerais	
<b>Sistema FV baseado em células de Silício Amorfo</b>	Modelo	K120-V	Modelo	SB3300	Mão-de-obra	1.200€
	Potência Nominal (Wp)	19200	Nº de inversores	5	Rendimento anual (kWh)	26.804,5
	Peso (kg)- unidade	27,5	Potência de pico	19,20 kWp		
	Comp. (m)- unidade	1,919	Coeficiente de Potência Nominal (%)	99	Rendimento anual (€)	6.701,13€
	Largura (m)- unidade	0,99				
	Número de módulos	160	Fator de eficiência (%)	94,6	Custo do sistema com IVA a 13%	44.883,60€
	Preço (Wp)	1,81€				
	Área total (m <sup>2</sup> )	303,97	Preço (unidade)	2.034,00€	Anos a recuperar o investimento	7

2º - Sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino sem seguidor solar (Anexo 4.2);

À semelhança do grupo anterior, os alunos iniciaram a apresentação falando sobre Miniprodução FV. Passaram depois para as características das células FV baseadas em



Silício Monocristalino, referindo que são o tipo de células com custo mais elevado, mas que em condições atmosféricas ótimas têm maior rendimento, daí necessitarem de uma menor área para atingir igual rendimento, relativamente às células de Silício Amorfo e Policristalino. Em termos de defesa do sistema referiram, além das vantagens do tipo de células, que o recurso a um seguidor solar encareceria o sistema e, no caso específico de uma escola, onde existem atividades fora das salas de aula e grande agitação, poderia sofrer danos. O local escolhido para a instalação do sistema foi a cobertura dos blocos, dado não serem influenciados por sombras e situarem-se próximos do quadro de eletricidade. Apresenta-se na tabela 5 as características deste sistema.

Tabela 5:Características do sistema baseado em células FV com Silício Monocristalino sem seguidor solar

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA					
	Características do módulo		Características do Inversor		Características gerais	
<b>Sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino sem seguidor solar</b>	Modelo	IBC MonoSol 230 ET	Modelo	STP 10000 TL-10	Mão-de-obra	1.500€
	Potência Nominal (Wp)	19780	Nº de inversores	2	Rendimento anual (kWh)	28.731,1
	Peso (kg)-unidade	X	Potência de pico(KWp)	19,78		
	Comp. (m)-unidade	1.66	Coeficiente de Potência Nominal (%)	103	Rendimento anual (€)	7.182,78€
	Largura (m)-unidade	0,99				
	Número de módulos	86	Fator de eficiência (%)	97,5	Custo do sistema com IVA a 13%	54.847,94€
	Preço (Wp)	2,37€				
	Área total (m <sup>2</sup> )	141,33	Preço (unidade)	3.95500€	Anos a recuperar o investimento	8

3º - Sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino com seguidor solar (Anexo 4.3);

A apresentação desta proposta foi semelhante à do grupo anterior. As principais diferenças focaram-se ao nível da defesa de um sistema com seguidor solar e do local de instalação. Como se constata na tabela 6, o grupo focou o rendimento anual como o principal ponto forte deste tipo de instalação. Relativamente ao sistema sem seguidor solar, referiram que o apresentado apresenta um rendimento anual superior em 10.000 kWh. Outro aspeto focado foi a finalidade pedagógica, uma vez que o sistema poderá auxiliar os professores na leção do objeto de estudo *A radiação solar na produção de energia elétrica – painel fotovoltaico*. Apesar do acesso aos sistemas dever ser condicionado e protegido, aquando da leção do tema os professores poderão realizar uma visita de estudo ao local da instalação (área relvada junto à entrada dos alunos na ESJML).

Tabela 6:Características do sistema baseado em células FV com Silício Monocristalino com seguidor solar

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA					
	Características do módulo		Características do Inversor		Características gerais	
<b>Sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino com seguidor solar</b>	Modelo	IBC	Modelo	STP	Mão-de-obra	1.500€
		MonoSol 230 ET		10000 TL-10	Nº de seguidores	5
	Potência Nominal (Wp)	19780	Nº de inversores	2	Preço (€) seguidor - unidade	6.441,00 €
	Peso (kg)-unidade	X	Potência de pico (kWp)	19,78	Rendimento anual (kWh)	38.865,4
	Comp. (m)-unidade	1.66	Coeficiente de Potência Nominal (%)	103	Rendimento anual (€)	9.716,35 €
	Largura (m)-unidade	0,99				
	Número de módulos	86	Fator de eficiência (%)	97,8	Custo do sistema com IVA a 13%	87.359,4 4€
	Preço (WP)	2,37€				
	Área total (m <sup>2</sup> )	141,33	Preço (unidade)	3.95500€	Anos a recuperar o investimento	9

4º - Sistema FV baseado em células de Silício Policristalino sem seguidor solar (Anexo 4.4);

À semelhança dos anteriores, o quarto grupo iniciou a apresentação falando sobre a Miniprodução FV e seguidamente apresentou uma reportagem da SIC-notícias sobre a instalação de um sistema de Miniprodução FV na Universidade de Aveiro. Abordou as principais características das células FV de Silício Policristalino – boa relação rendimento/preço, ou seja, um preço intermédio (comparativamente às células FV de

Silício Monocristalino e Silício Amorfo), necessita de menor área do que as células de Silício Amorfo e não é tão afetado pelas condições atmosféricas adversas como as células de Silício Monocristalino. No fundo, é um composto intermédio. Referiu também que este sistema, relativamente a um semelhante com seguidor solar, fica mais barato e em termos de rendimento anual apenas difere de 730€, a menos, como se pode verificar pelas características do sistema apresentadas na tabela 7. O local de instalação seriam os telhados dos blocos próximos do bloco central, dada a proximidade do contador de eletricidade.

Tabela 7:Características do sistema baseado em células FV com Silício Policristalino sem seguidor solar

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA					
	Características do módulo		Características do Inversor		Características gerais	
<b>Sistema FV baseado em células de Silício Policristalino sem seguidor solar</b>	Modelo	IBC PolySol 230 ET	Modelo	STP 10000 TL-10	Mão-de-obra	1.500€
	Potência Nominal (Wp)	19780	Nº de inversores	2	Rendimento anual (kWh)	28871,1
	Peso (kg)-unidade	X	Potência de pico(kWp)	19,78		
	Comp. (m)-unidade	1.66	Coeficiente de Potência Nominal (%)	103	Rendimento anual (€)	7.217,75€
	Largura (m)-unidade	0,99				
	Número de módulos	86	Fator de eficiência (%)	97,6	Custo do sistema com IVA a 13%	52.612,8€
	Preço (Wp)	2,26€				
	Área total (m <sup>2</sup> )	141,33	Preço (unidade)	3.955,00€	Anos a recuperar o investimento	7

5º - Sistema FV baseado em células de Silício Policristalino com seguidor solar (Anexo 4.5).

Na última apresentação, sistema FV com células de Silício Policristalino com seguidor solar, já não havia muito a acrescentar ao que os outros grupos haviam referido. Deste modo, o grupo defendeu a sua proposta referindo as vantagens do uso deste tipo de células e a presença de seguidor solar. As células possuem custo e rendimento intermédio, logo apresentam-se como uma alternativa viável e, como havia referido o grupo do sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino com seguidor solar, a presença de um sistema passível de ser explorado para fins pedagógicos apresenta-se como uma mais valia. Na tabela 8 apresentam-se as características do sistema referido.

Tabela 8:Características do sistema baseado em células FV de Silício Policristalino com seguidor solar

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA					
	Características do módulo		Características do Inversor		Características gerais	
<b>Sistema FV baseado em células de Silício Policristalino com seguidor solar</b>	Modelo	IBC PolySol 230 ET	Modelo	STP 10000 TL-10	Mão-de-obra	1.500€
					Nº de seguidores	5
	Potência Nominal (Wp)	19780	Nº de inversores	2	Preço (€) seguidor - unidade	6.441,00€
	Peso (kg)-unidade	X	Potência de pico (KwP)	19,78	Rendimento anual (kWh)	38981,7
	Comp. (m)-unidade	1.66	Coeficiente de Potência Nominal (%)	103	Rendimento anual (€)	9.745,43€
	Largura (m)-unidade	0,99				
	Número de módulos	86	Fator de eficiência (%)	97,5	Custo do sistema com IVA a 13%	85.124,30€
	Preço (€)	2,26€				
	Área total (m <sup>2</sup> )	141,33	Preço (unidade)	3.95500€	Anos a recuperar o investimento	9

Após a apresentação a futura professora/investigadora entregou aos grupos, em formato de papel, o *feedback* da apresentação – aspetos positivos e negativos, a proposta para alguns elementos do grupo integrarem o grupo que iria apresentar o projeto à Comunidade Escolar (dado mostrarem maior destreza na comunicação) e sugeriu alguns *layouts* para a apresentação final.

Apresentam-se na Figura 5 algumas fotografias recolhidas durante a aula:



Figura 5: Apresentações dos projetos em grupo: a) grupo do sistema FV baseado em células de Silício Amorfo; b) grupo do sistema FV baseado em células de Silício Monocristalino com seguidor solar; c) grupo do sistema FV baseado em células de Silício Policristalino

No conto geral todos os grupos fizeram boas apresentações e souberam defender assertivamente os seus sistemas. Porém, houve grupos que se destacaram ao nível da organização e apresentação da informação e outros na agilidade e capacidade de comunicação. Os grupos que melhor souberam organizar a informação foram os grupos dos sistemas de Silício Policristalino. Já os melhores oradores foram os grupos do sistema com células de Silício Amorfo e do sistema com células de Silício Policristalino sem seguidor solar.

No término da aula, agendou-se para o dia 20 de Junho um encontro com todos os alunos e a futura professora/investigadora, com o objetivo de organizar a apresentação final e ajudar a preparar os alunos que iriam apresentar o projeto à Comunidade Escolar.

## SESSÃO 4

Esta sessão serviu para que a futura professora/investigadora e os alunos trocaram algumas ideias sobre a apresentação final à Comunidade Escolar. Discutiu-se o *layout* da apresentação, quem seriam os protagonistas e qual a melhor forma de apresentar a informação. Pretendia-se a participação do maior número de alunos, porém apenas oito alunos quiseram participar voluntariamente.

Para a apresentação à Comunidade Escolar os alunos decidiram imprimir uma planta da escola e adicionar imagens dos sistemas FV nos locais pensados para os mesmos. Esta planta foi colocada à entrada da sala para que os convidados conseguissem perceber como ficaria a ESJML após a instalação destes sistemas. Desenvolveram ainda convites que colaram pela ESJML e distribuíram por familiares e amigos (Anexo 8). Nesta sessão de trabalho houve três alunas que se destacaram, pelo trabalho e pela dedicação na consecução do mesmo.

## SESSÃO 5

A finalidade desta sessão era a apresentação do projeto de Miniprodução Fotovoltaica na ESJML à Comunidade Escolar (Anexo 5). Após os alunos terem trabalhado em grupos, tendo cada grupo a responsabilidade de defender um tipo de sistema, juntaram todas as ideias e fizeram uma apresentação conjunta.

Para esta sessão foram convidados através de *email* e de cartas quase todos os membros da Comunidade Escolar – Presidente do Conselho Diretivo, docentes da escola, auxiliares de educação, representante da Universidade de Aveiro na ESJML, pais e alunos. A sessão teve lugar numa sala da ESJML pelas 21:00h e nela estiveram presentes alunos da escola, professores da turma, a representante da Universidade de Aveiro na ESJML (professora orientadora da investigação), o professor orientador da Prática de Ensino Supervisionada, pais e familiares dos alunos da turma.

A apresentação abordou os seguintes pontos (Anexo5)

- curiosidades e aplicações da indústria FV;
- conceitos e definições que ajudassem a plateia a perceber o funcionamento de sistemas FV e da Miniprodução;



- as propostas de dimensionamento de sistemas FV, baseados em células de Silício, acompanhadas de vantagens e desvantagem;
- estudo comparativo do investimento das diferentes propostas.

O estudo comparativo dos sistemas permitiu apresentar globalmente os prós e contras de cada um dos sistemas, embora se tenha a percepção de que, o que frequentemente pesa mais, em termos de escolha, são os custos associados. Ambicionando aliar o baixo custo à qualidade, o sistema mais defendido pelos alunos foi o sistema FV com células de Silício Amorfo. As vantagens deste sistema passam pela produção nacional das células, pela necessidade de redução da despesa de eletricidade, poder fazer uso destas células como claraboias e pelo número de anos necessários à recuperação do investimento. O quadro comparativo que auxiliou a discussão é apresentado na tabela 9:

Tabela 9: Tabela comparativa dos sistemas FV defendidos pelos alunos

<b>Características Sistemas</b>	<b>Área necessária (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rendimento anual (€)</b>	<b>Custo do investimento (€)</b>	<b>Anos a recuperar o investimento</b>
<b>Silício Monocristalino com seguidor</b>	141,33	9.716,35 €	87.359,44 €	9
<b>Silício Monocristalino</b>	141,33	7.182,78 €	54.847,94 €	8
<b>Silício Policristalino com seguidor</b>	141,33	9.745,43 €	85.124,30 €	9
<b>Silício Policristalino</b>	141,33	7.217,75 €	52.612,80 €	7
<b>Silício Amorfo</b>	303,97	6.701,13 €	44.883,60 €	7

A apresentação correu muito bem, tendo os alunos defendido convictamente e de forma fundamentada o projeto.

Apresentam-se na Figura 6 algumas fotografias recolhidas neste dia:



Figura 6: Apresentação à Comunidade Escolar: a) plateia, b) alunos que apresentaram o projeto, c) e d) apresentação do programa utilizado para dimensionar os sistemas e discussão dos resultados finais

No final, pais e Professores mostraram-se satisfeitos com a apresentação e aludiram ao impacto deste projeto ao nível da formação dos alunos. Um pai mostrou-se bastante receptivo a este tipo sistemas e revelou o seu interesse na implementação de painéis FV para Microgeração. Considera-se, portanto, que a sessão terá contribuído para sensibilizar os assistentes para o tema trabalhado.

### APRECIACÃO GLOBAL DAS AULAS E SESSÕES

As aulas e sessões destinadas ao desenvolvimento do projeto decorreram, na sua grande maioria, no período destinado à disciplina de Física e Química A.

A atividade que revelou menor investimento por parte dos alunos foi o trabalho de pesquisa orientado. Acreditamos que se deva ao facto de se ter exigido um trabalho por

grupo e este ter sido solicitado durante o período de férias da Páscoa. Alguns alunos “deixaram o trabalho nas mãos” dos colegas de grupo. Detetou-se este facto na segunda aula (aula de esclarecimento de dúvidas e correção do trabalho), dado que nem todos os elementos do grupo participavam na discussão.

Os trabalhos apresentados em grupo revelaram que os alunos tiveram a preocupação de pesquisar sobre o tema. A apresentação oral da maioria dos grupos foi dinâmica, não se baseando apenas na leitura de diapositivos.

Na apresentação à Comunidade Escolar, os alunos mostraram bastante confiança e destreza na abordagem do tema. Esta apresentação pública, em vez de uma mera apresentação em sala de aula para os colegas e professor da disciplina, instituiu um carácter diferente ao trabalho desenvolvido pelos alunos. Fê-los acreditar que todos os esforços aplicados são valorizados e reconhecidos.

Durante todas as aulas e sessões, constatou-se que o tema da Miniprodução FV despertou o interesse dos alunos. Este posicionamento vem corroborar a ideia de que o ensino e todas as aprendizagens que lhe estão associadas devem ser relevantes para o quotidiano dos alunos. Porém, tendo trabalhado com o Professor orientador da Prática de Ensino Supervisionada, é de referir que os alunos estavam habituados a este tipo de abordagem, nas aulas da disciplina de Física e Química A, e este facto poderá ter sido relevante no empenho e desempenho dos alunos neste projeto.

O desenvolvimento do projeto possibilitou que os alunos desenvolvessem uma proposta credível para a implementação de um sistema de Miniprodução FV para a ESJML. Um dos pontos negativos foi a ausência de um membro do Conselho Diretivo na apresentação pública, aspeto que foi realçado por um dos Encarregados de Educação. Porém fez-se chegar a apresentação através de *email* e através de comentários dos docentes da escola.

### 3. Avaliação das aprendizagens e competências envolvidas

Para perceber a evolução das aprendizagens e competências dos alunos, criou-se o teste de conhecimentos (Anexo 6) organizado em duas fases. Para a primeira seleccionou-se vinte e dois conceitos, conceitos chave e foi pedido aos alunos que identificassem os que conheciam e desconheciam. Na segunda fase, os alunos deveriam elaborar um mapa conceptual com os conceitos que haviam identificado como “conheço” entre outros que considerassem válidos. A importância desta avaliação faseada reside no facto de que o reconhecimento dos termos/conceitos não ser suficiente para averiguar a compreensão dos mesmos, uma vez que a verdadeira compreensão só ocorre quando se consegue estabelecer ligações entre os conceitos (Moreira, 1997).

As duas fases foram aplicadas em dois momentos: antes da abordagem ao projeto e após abordagem. Inicialmente, o uso de mapas conceptuais permitiu perceber e aferir o que os alunos sabiam em termos conceptuais e como relacionavam e hierarquizavam os conceitos, ou seja, funcionou como diagnóstico prévio do grau de organização dos conhecimentos. Posteriormente facilitou a verificação da evolução das aprendizagens, bem como as principais dificuldades em relacionar os novos conceitos.

Apesar de existirem escalas de avaliação de mapas conceptuais (Novak *et al.*, 1984), não procurámos uma análise quantitativa dos mapas, preocupámo-nos em perceber se estaria a ocorrer reorganização cognitiva e uma consequente evolução nas aprendizagens. Esta reorganização cognitiva é percebida através das associações corretas entre conceitos e pela capacidade em inter-relacionar grupos de conceitos. Destacaram-se como critérios gerais para a avaliação dos mapas conceptuais, a diferenciação progressiva, as relações entre conceitos (proposições) válidas, a reconciliação integrativa e o número de conceitos que os alunos nas duas etapas de avaliação utilizaram, critérios identificados como avaliadores deste tipo de estratégia (mapas conceptuais) pelos autores referidos na secção 5 do capítulo III.

A apreciação detalhada e individual dos mapas conceptuais encontra-se no Anexo 7. Neste anexo pode constatar-se que nos primeiros mapas conceptuais os alunos não conseguiram introduzir todos os conceitos que registaram como conhecidos. Este facto poderá dever-se à incapacidade de reconhecerem e exprimirem os seus significados. A maioria dos alunos criou mapas simples, com poucas associações e algumas destas sem sentido e/ou sem justificação (identificamos a justificação através das palavras de ligação,

que conferem sentido às associações). Os mapas conceptuais corrigidos foram entregues aos alunos para obterem *feedback* do trabalho. Nestas correções foram identificadas associações erradas, associações corretas e outras possíveis associações.

Nos segundos mapas observou-se uma clara melhoria. Podemos aferir que ocorreu um enriquecimento cognitivo, como se pode inferir a partir da Figura 7 que mostra a evolução do número de conceitos base que os alunos introduziram corretamente nos seus mapas conceptuais:

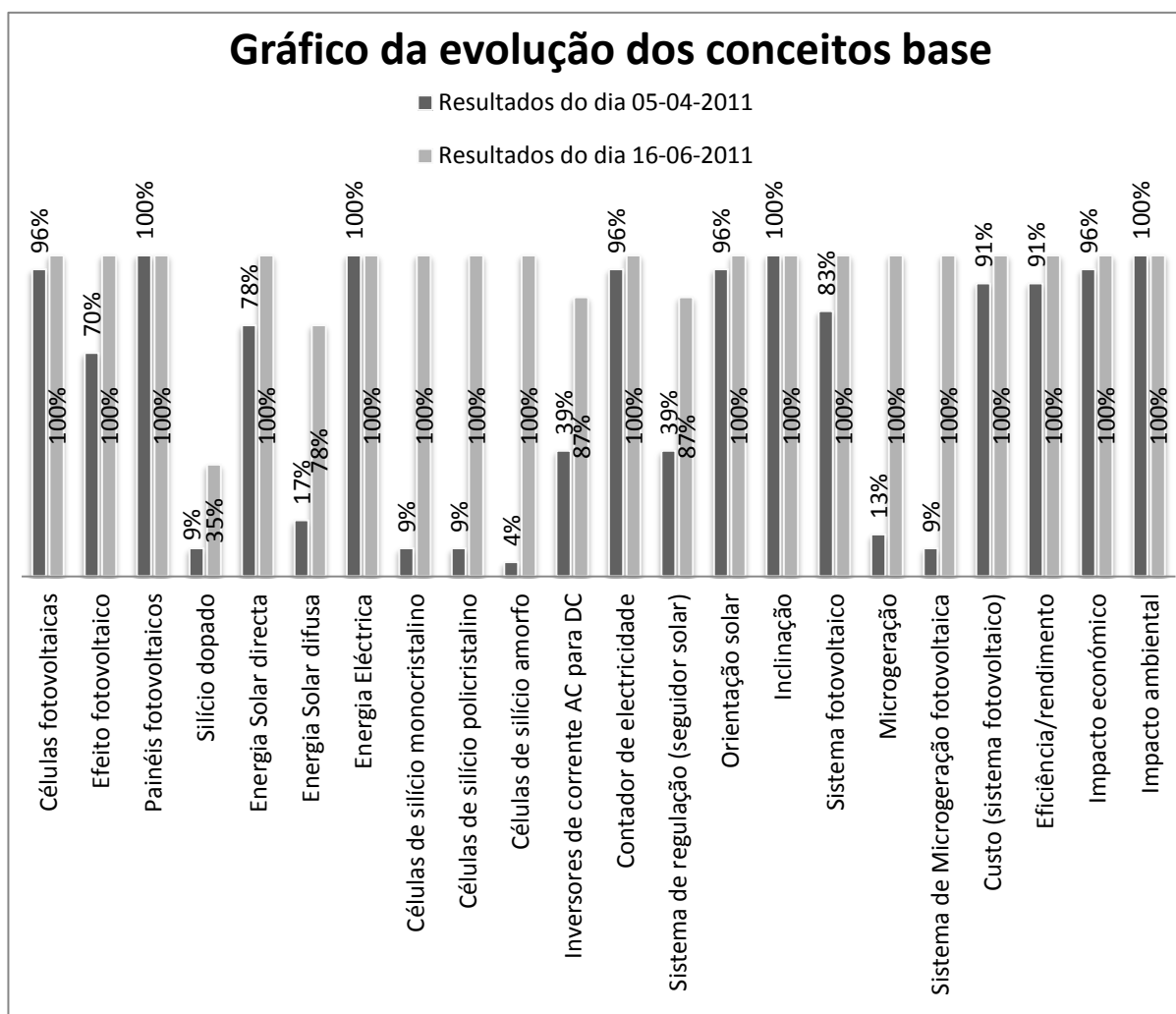


Figura 7: Gráfico da evolução dos conceitos base dos mapas conceptuais dos alunos: registos pré e pós abordagem didática

A observação da Figura 7 mostra que os conceitos de “Energia solar difusa” e “Silício dopado” parecem, ainda, não fazerem parte do leque de conhecimentos da maioria

dos alunos. Conceitos como “Células de silício amorfo”, “Células de silício Policristalino” e “Células de silício monocristalino”, que no início eram desconhecidos para a maioria dos alunos, no segundo momento foram incorporados por todos os alunos e estão presentes em todos os mapas conceituais.

De um modo geral, todos os mapas revelaram evolução, quer ao nível do número de conceitos introduzidos, quer das associações feitas. Outro aspeto que consideramos relevantes foi o recurso a exemplos e características específicas. No caso dos três tipos de células de silício, alguns alunos relacionaram-nas atendendo ao rendimento, ao custo de aquisição e limitações. Houve também alunos que referiram que a melhor orientação dos painéis fotovoltaicos seria para sul e a inclinação de 30°. Porém, não mencionaram que estas condições só são ótimas quando a instalação é feita no Hemisfério Norte e em Portugal. Sobre a estrutura dos mapas conceituais, alguns alunos optaram por uma estrutura vertical, apresentando os conceitos sequencialmente e não procuraram criar uma visão abrangente de todo o conhecimento. Outros dispuseram os conceitos numa rede e tentaram realizar todas as associações possíveis.

As Figura 8 a 13 mostram exemplos de mapas desenvolvidos pelos alunos. Para ilustrar a análise da evolução das aprendizagens dos alunos, selecionaram-se os mapas conceituais de três alunos – um aluno com fraco rendimento à disciplina de Física e Química A, um aluno médio e um aluno com muito bom rendimento.

Nesta segunda fase pedimos-te que crie um mapa dos conceitos/termos que assinalaste na primeira fase.

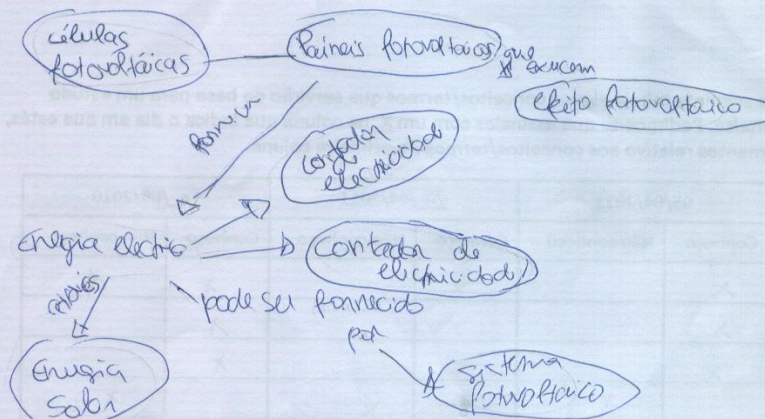


Figura 8: Mapa conceptual desenvolvido pelo aluno com rendimento fraco no primeiro momento - 05/04/2011

Nesta segunda fase pedimos-te que crie um mapa dos conceitos/termos que assinalaste na primeira fase.

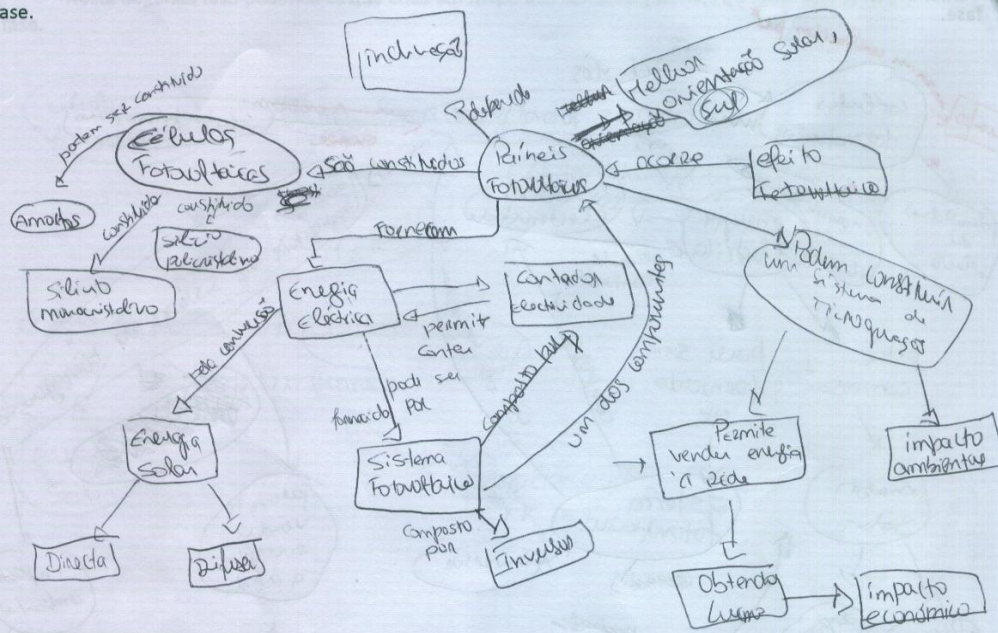


Figura 9: Mapa conceitual desenvolvido pelo aluno com rendimento fraco no segundo momento - 16/06/2011



A Figura 8 apresenta um mapa conceptual com oito conceitos, uma organização pobre e poucas palavras de ligação. O aluno que desenvolveu este mapa era aluno considerado com fraco rendimento à disciplina. Na Figura 9 apresenta-se o segundo mapa conceptual realizado pelo mesmo aluno, observando-se uma melhoria, tanto ao nível da quantidade de conceitos incorporados (vinte conceitos), como no uso de palavras de ligação e organização.

Nas Figura 10 e 11 apresentam-se os mapas conceptuais desenvolvidos pelo aluno com rendimento considerado médio na disciplina. Comparando os mapas desenvolvidos nos dois momentos, apercebemo-nos que o número de conceitos aumentou e que o aluno utilizou exemplos. Porém, o aluno não conseguiu interligar um grande número de conceitos.<sup>11</sup> Podemos concluir que houve evolução nas aprendizagens, mas ausência de reconciliação integrativa - o segundo momento mostra que o mapa apresentado interliga poucos conceitos.

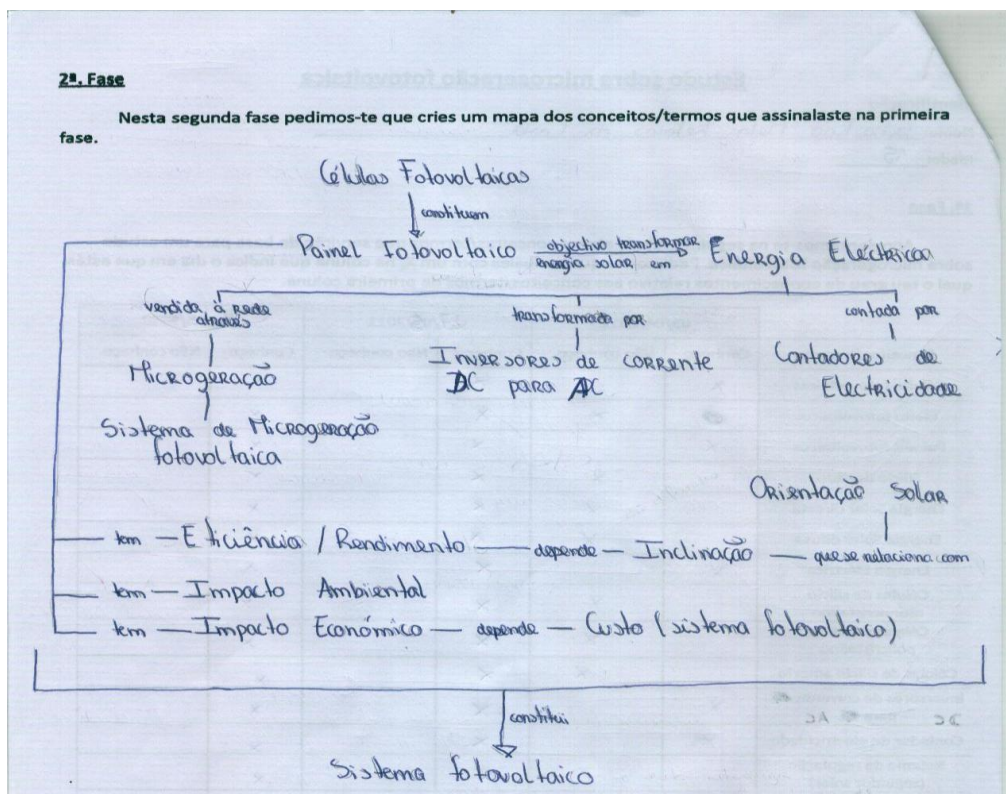


Figura 10: Mapa conceptual desenvolvido pelo aluno com rendimento médio no primeiro momento – 05/04/2011

<sup>11</sup> De acordo com o nosso ponto de vista, uma maior interligação entre os conceitos é indicador de uma profunda compreensão, uma vez que para tentar “ler” o mapa pode-se partir de um conceito aleatório e percorrer a teia sem necessidade de seguir criteriosamente uma sequência.



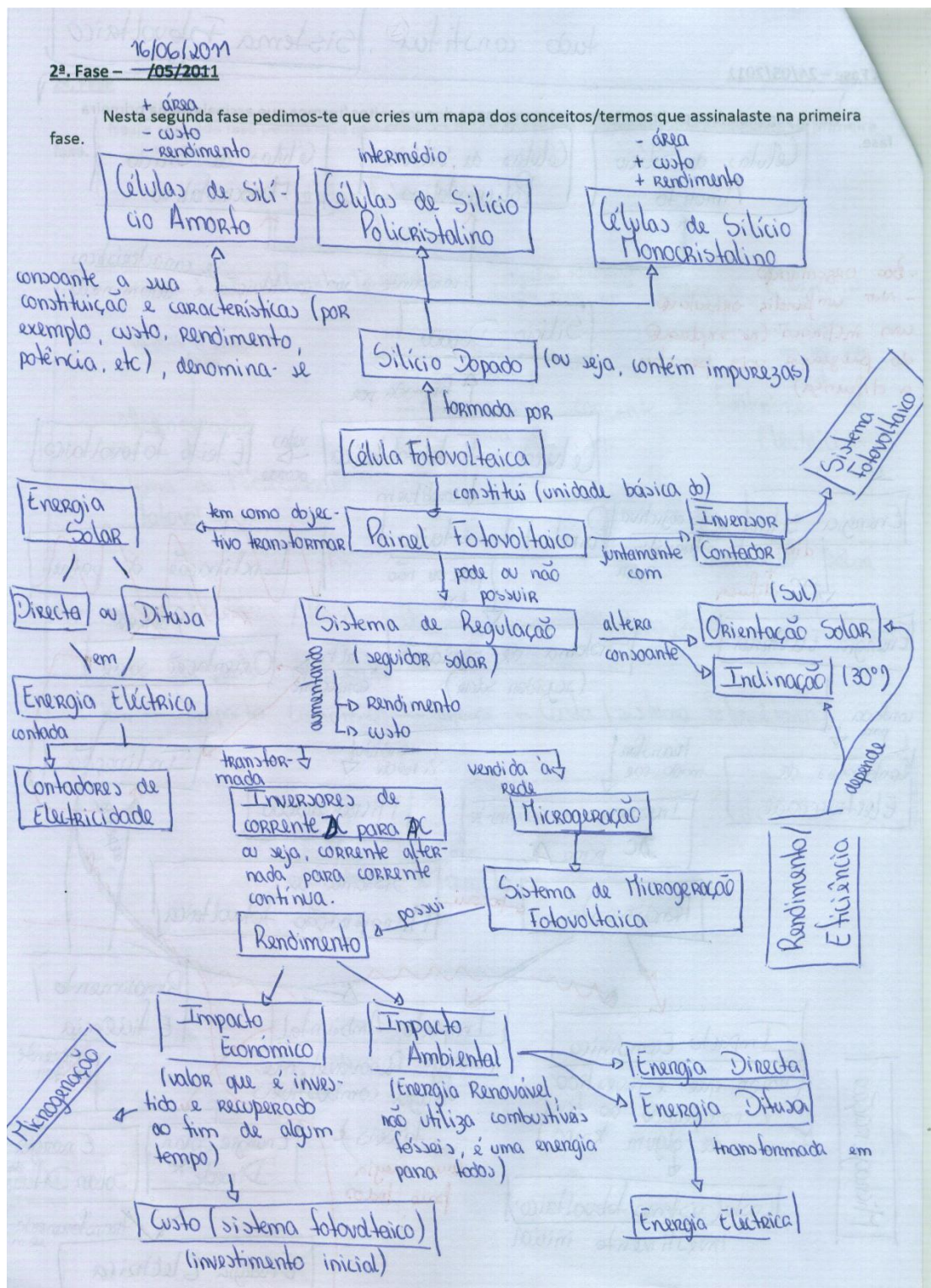


Figura 11: Mapa conceptual desenvolvido pelo aluno com rendimento médio no segundo momento - 16/06/2011

Nas Figura 12 e 13 apresentam-se os mapas de conceitos desenvolvidos por um aluno com muito bom desempenho à disciplina. A observação das figuras mostra que ambos os mapas apresentam boa organização, utilizam bastantes conceitos e associações corretas. O segundo mapa está bastante completo, faz perfeito uso dos conectores, recorre a exemplos e interliga bastantes conceitos. Este mapa é um bom exemplo de uma teia conceptual, dado que partindo de um conceito escolhido aleatoriamente é possível percorrer todas as associações e identificar a presença de reconciliação integrativa. Conclui-se que houve evolução na aprendizagem deste aluno.

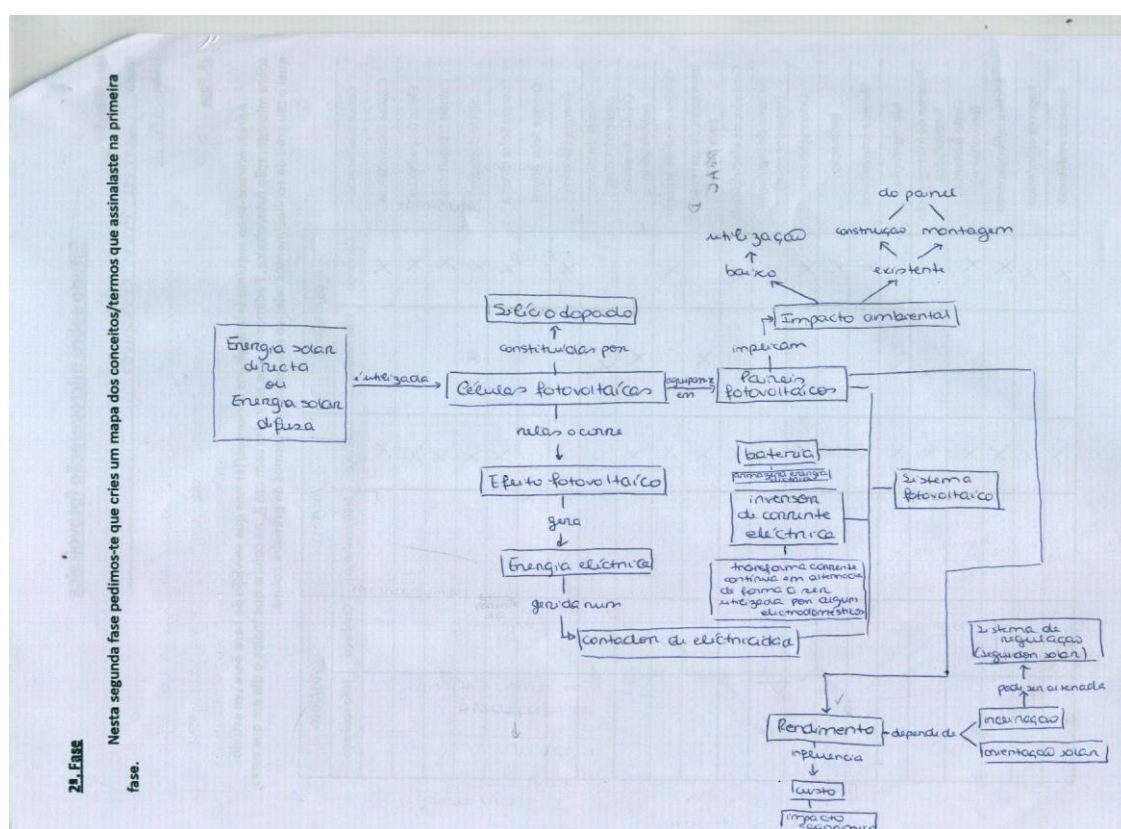


Figura 12: Mapa conceptual desenvolvido pelo aluno com rendimento muito bom no primeiro momento - 05/04/2011





No geral, comparando os mapas conceituais realizados nos dois momentos (05/04/2011 e 16/06/2011), houve evolução tanto a nível da quantidade de conceitos introduzidos como na sua organização e correta inclusão de conectores. Aferimos que ocorreu reorganização cognitiva e evolução das aprendizagens em todos os alunos. A avaliação pormenorizada dos mapas conceituais de todos os alunos encontra-se no Anexo 7 e os mapas desenvolvidos por todos os alunos em CD.

A primeira avaliação de aprendizagens em grupo foi feita através dos trabalhos de pesquisa orientada (Anexo 2). A Tabela 10 mostra a apreciação feita aos trabalhos.

Tabela 10: Resumo da apreciação dos trabalhos de pesquisa em grupos de trabalho;

<b>Grupo</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Dificuldades no trabalho de pesquisa</b>	<b>Apreciação</b>
1	Silício monocristalino sem seguidor solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade na explicação do funcionamento de uma célula FV (presença de substâncias dopantes) e de um sistema de Microgeração ou Miniprodução FV;</li> <li>- Identificar as vantagens da utilização de um sistema FV em áreas remotas.</li> </ul>	Trabalho de pesquisa pouco aprofundado e falta de compreensão de conceitos (Microgeração, célula FV)
2	Silício Policristalino sem seguidor solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar a orientação para Sul, do painel FV, como um fator crucial para o aumento do rendimento do painel FV;</li> <li>- Desconhecimento da existência de incentivos fiscais para a implementação de sistemas baseados em fontes renováveis de energia.</li> </ul>	Trabalho bem estruturado e representativo de profundas pesquisas e reflexões. Ótima apresentação.

3	Silício amorfo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em perceber que a energia produzida por um sistema de Microgeração e/ou Miniprodução FV é toda vendida à rede por um valor significativo e posteriormente é comprada energia para suprir as necessidades da habitação, a um preço reduzido;</li> <li>- Identificar a orientação para Sul e a inclinação aproximada à latitude do local, do painel FV, como um fator crucial para o aumento do rendimento do painel FV;</li> <li>- Identificar as vantagens da utilização de um sistema FV em áreas remotas.</li> </ul>	Trabalho que revela alguma pesquisa, porém pouco aprofundada. Falta de compreensão de conceitos – Microgeração, célula FV, inversor de corrente.
4	Silício monocristalino com seguidor solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perceber o porquê dos elétrons apenas conseguirem fluir da zona n para a zona p – a junção p-n funciona como um díodo;</li> <li>- Relação entre a temperatura ótima de funcionamento de uma célula FV e a sua eficiência de conversão;</li> </ul>	Trabalho bem estruturado, respostas que demonstram trabalho de pesquisa e reflexão e ótima apresentação
5	Silício Policristalino com seguidor solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em perceber o funcionamento de uma célula FV, sistemas FV e seus componentes;</li> <li>- Dificuldade em perceber que a energia produzida por um sistema de Microgeração e/ou Miniprodução FV é toda vendida à rede por um valor significativo e posteriormente é comprada energia para suprir as necessidades da habitação, a um preço reduzido;</li> <li>- Identificar a orientação para Sul e a inclinação aproximada à latitude do local, do painel FV, como um fator crucial para o aumento do rendimento do painel FV;</li> <li>- Utilização de um sistema FV em áreas remotas.</li> </ul>	Trabalho de pesquisa pouco aprofundado e falta de compreensão de conceitos (Microgeração, célula FV)

Através dos trabalhos de pesquisa orientada, os alunos tiveram a primeira abordagem à temática do projeto. Para este trabalho os alunos dispunham de bibliografia, nomeadamente fontes de informação eletrónica. Houve grupos (grupo 2 e 4) que acrescentaram outras fontes de informação e como resultado os trabalhos além de estarem mais completos mostraram estar muito acima da média. Este facto veio corroborar um dos pressupostos referidos na Perspetiva EPP: a metodologia inerente ao EPP dota os trabalhos de criatividade e envolve os alunos na busca de soluções para o problema (Cachapuz, 2001).

As principais dificuldades dos alunos residiram na compreensão do funcionamento de uma célula FV, o que era a Microgeração e/ou Miniprodução e qual a orientação e inclinação de um painel FV para que se obtivesse o máximo de rendimento. Após a discussão em sala de aula a futura professora/investigadora apercebeu-se que os alunos não entendiam o que era a orientação e a inclinação de um painel FV. O uso do simulador (*SunnyDesign*) permitiu aos alunos perceber a diferença. Como mostra a Figura 14, os alunos poderiam variar a inclinação ( $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ ) e a orientação (azimute) e partindo das suas variações perceber como era influenciado o rendimento do painel.

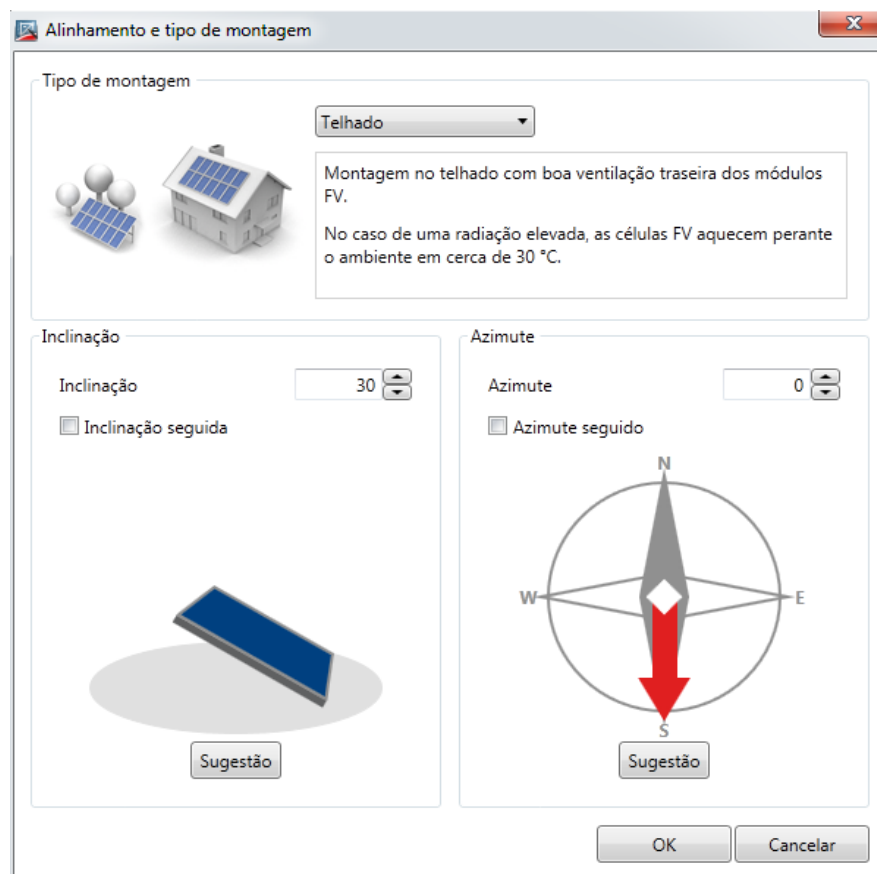


Figura 14:Inclinação e Orientação (azimute)

Durante as aulas e à semelhança das aulas não destinadas ao desenvolvimento do projeto, os alunos eram avaliados relativamente a competências transversais. Esta avaliação pretendia perceber qual o envolvimento e desempenho do aluno durante as aulas. O registo destas competências encontra-se no Anexo 9. Verifica-se que os alunos participaram mais na discussão das últimas aulas, facto que poderá estar relacionado com o grau de aquisição de conhecimentos e compreensão da situação problema. A partir do momento em que os alunos compreenderam qual o problema que exigia resolução e adquiriram os conceitos base, as discussões tornaram-se mais ricas e dinâmicas.

Um detalhe a referir foi o facto de existirem cinco alunos que à data do início deste projeto sabiam que não iriam transitar à disciplina de Física e Química A. Três destes alunos, apesar de estarem cientes desta realidade, trabalharam e dedicaram-se na realização do projeto. Um destes alunos é o autor dos mapas conceptuais apresentados na Figura 8 e Figura 9 e um outro aluno quis fazer parte do grupo de apresentação do projeto à Comunidade Escolar. Estas constatações ilustram como é possível motivar e envolver alunos em projetos aliciantes possibilitando a aquisição de conhecimentos.





## CAPÍTULO V

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais serão apresentadas em três secções. Na primeira são referidas as principais conclusões do trabalho de investigação. As restantes correspondem, respetivamente, às limitações do estudo e a sugestões para futuras investigações.

#### 1. Principais conclusões

A ambição de desenvolver este trabalho prendeu-se, como referido na introdução do trabalho, com motivos de ordem académica e pessoal. No início definiram-se objetivos claros e, de acordo com o quadro teórico apresentado no capítulo I, procurou-se dar resposta às questões de investigação:

*Q1 - Como abordar o objeto de ensino “A radiação solar na produção da energia elétrica – painel fotovoltaico”, explorando as TIC e tendo em conta abordagens de RP e CTS?*

*Q2 - Qual o impacto da abordagem concebida nas aprendizagens dos alunos relacionadas com a Miniprodução Fotovoltaica e do desenvolvimento de competências transversais?*

Sob esta sequência, apresentam-se seguidamente as conclusões do estudo realizado e simultaneamente procura-se dar resposta às questões acima referidas.

*Q1 - Como abordar o objeto de ensino “A radiação solar na produção da energia elétrica – painel fotovoltaico”, explorando as TIC e tendo em conta abordagens de RP e CTS?*

A conceção e aplicação de recursos didáticos numa perspetiva CTS, explorando as TIC e tendo em conta abordagens de RP, está em sintonia com o que se pretende com a Educação em Ciência. A abordagem didática desenvolvida pretendia que os alunos reconhecessem a importância e o impacto que a formação em Ciência tem na construção destes como cidadãos ativos, responsáveis e críticos, enfatizando a necessidade do conhecimento, como veículo para alcançar a compreensão dos fenómenos naturais e dar

resposta a problemas do dia-a-dia. Dar relevância aos objetos de estudo propostos pelo Ministério da Educação e transpor as aprendizagens resultantes destes para solucionar problemas é um dos objetivos do ensino. Daí a importância do projeto de trabalho proposto pelos alunos – Miniprodução FV na ESJML.

Partindo de uma problemática – Redução da despesa de eletricidade da ESJML – foi possível abordar e discutir questões científicas com relevância Social e Tecnológica. À semelhança de autores como Galvão *et al.* (2004), acredita-se que o desenvolvimento de projetos, a capacidade argumentativa e a comunicação, são contribuições de extrema importância quando se ambiciona o desenvolvimento e o crescimento harmonioso dos alunos. Conclui-se que o impacto da realização do projeto – Miniprodução FV na ESJML – e, a par deste, o desenvolvimento de uma abordagem didática ao objeto de estudo “A radiação solar na produção da energia elétrica – painel fotovoltaico” foi positivo, uma vez que existem indicadores (trabalhos desenvolvidos pelos alunos, apresentação dos projetos, discussões em torno da temática e mapas conceituais) que refletem o uso das aprendizagens para encontrar solução para situações problema, levantando questões, sugerindo e avaliando hipóteses, como se pretende com a abordagem baseada na RP (Cerezo, 2004).

*Q2 - Qual impacto da abordagem concebida nas aprendizagens dos alunos relacionadas com a Miniprodução Fotovoltaica?*

A abordagem a temáticas atuais tem a potencialidade de despertar a curiosidade e atenção dos alunos, o que se considera que os resultados apresentados anteriormente demonstram. A observação, por parte da futura professora/investigadora, e a análise dos dados recolhidos permitiu perceber que os alunos tinham grandes expectativas mas também alguns receios. No entanto, no decorrer da aplicação da abordagem, os alunos mostraram grande entusiasmo e participaram ativamente nas discussões, quer com os colegas do grupo quer com os professores colaboradores presentes nas aulas e sessões, o que levou a aferir que as atividades desenvolvidas no âmbito desta investigação tiveram grande aceitação junto dos alunos.

Ao nível das aprendizagens e das competências desenvolvidas pelos alunos relativas ao tema da Miniprodução FV conclui-se que ocorreu evolução. Pela análise dos

trabalhos desenvolvidos pelos alunos, dos mapas conceituais, dos registos da futura professora/investigadora e pelas discussões que se desenvolveram, os alunos adquiriam competências relativas ao tema do estudo. Através dos mapas conceituais conseguiu-se averiguar a evolução dos alunos tanto na aquisição de novos conceitos inerentes ao tema como na compreensão do significado dos mesmos, pontos-chave da aprendizagem significativa, defendida por Ausubel e Novak (Novak, *et al.* 1984). No decurso das atividades, os alunos conseguiram debater com os colegas ideias sobre o tema lecionado e nas apresentações souberam utilizar linguagem científica adequada.

Um outro aspeto que merece destaque, ainda relacionado com as aprendizagens relativas ao tema da Miniprodução FV, prende-se com a defesa, feita pelos alunos, da importância deste tipo de produção de energia em termos Tecnológicos e Sociais. Os alunos aperceberam-se, através da visita ao departamento de Física e através de notícias dos *media*, que a indústria FV se encontra em expansão e poderá ser uma área na qual poderão investir, em termos de empregabilidade, no futuro.

A utilização de temáticas transversais à Ciência, Tecnologia e Sociedades para a leção de conteúdos académicos tem mostrado como é possível envolver os alunos e fazê-los perceber o papel da Educação em Ciência na sua formação tanto académica como social e, acima de tudo, motivá-los a aprender (Barradas, *et al.* 2007; Cachapuz, *et al.* 2002). Com este trabalho percebeu-se esta realidade. Os alunos não estereotiparam o desenvolvimento dos projetos tal qual faziam com outras abordagens a outros objetos de estudo, envolvendo-se nas atividades de forma responsável e com entusiasmo, o que se refletiu na motivação para a aprendizagem demonstrada.

## 2. Limitações do estudo

O estudo realizado apoia-se em estudos já desenvolvidos e descritos no enquadramento teórico (capítulo III), contudo não nos permite qualquer tipo de generalização, dadas as opções metodológicas, estudo de caso qualitativo e devido ao número reduzido de participantes.

Outra limitação do presente estudo prende-se com a falta de experiência da futura professora/investigadora na área da investigação e ter tido um duplo papel, o de observador participante. Estes refletiram-se na aplicação dos instrumentos de recolha, nomeadamente

no processo de observação. É, portanto, necessário atender a que a observação dos alunos e avaliação dos materiais produzidos por eles pode ter alguma subjetividade.

Na primeira aula, quando foi proposto aos alunos a elaboração de um mapa conceptual, foram frisados aspetos a ter em conta na sua elaboração: os conceitos deveriam estar destacados, dentro de balões ou caixas, dever-se-iam ligar através de setas e, por sua vez, estas deveriam conter palavras de ligação, que ajudassem à compreensão das associações. Contudo, alguns alunos não obedeceram a estas regras básicas e os primeiros mapas conceptuais desenvolvidos apresentavam falhas neste âmbito. Pensamos que se deveria ter dado mais ênfase a explicar como se deveriam produzir mapas conceptuais. Outra limitação foi não ter recolhido as explicações dos alunos sobre a elaboração dos mapas conceptuais. Identificamos esta limitação uma vez que acreditamos, à semelhança de outros autores (Martins *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 1993; Nascimento, Júnior, & Cordeiro, 2009), que a consistência da compreensão dos conteúdos só é alcançada quando o autor do mapa consegue expressar o seu conteúdo. Caso pedíssemos uma descrição, escrita ou oral, do mapeamento desenvolvido ter-se-ia ultrapassado este constrangimento, porém, este procedimento iria exigir bastante tempo.

Por fim, identificamos como limitação o tempo disposto para a realização do trabalho, uma vez que restringiu a recolha de dados pormenorizados, como acima referido

### 3. Sugestão para futuras investigações

Este trabalho, além de pretender fazer parte do conjunto de recursos didáticos a que os Professores possam recorrer, para estimular o gosto pelo conhecimento nos alunos, pretende também mostrar como é possível, partindo de abordagens de ensino baseadas na perspetiva EPP, CTS, RP, explorando as TIC e mapas conceptuais, ensinar conteúdos de Física e Química A no 10.º de escolaridade.

Dos resultados do estudo realizado e atendendo às suas limitações sugerimos algumas propostas para futuros estudos, envolvendo professores e alunos:

- A fim de ultrapassar algumas das limitações referidas, propõe-se utilizar mapas conceptuais como instrumentos de avaliação da evolução de aprendizagens dos alunos e a par destes recolher a explicação da sua elaboração (explicação das associações feitas),

podendo assim contribuir para encontrar resposta mais cabal à questão - *Como poderão os mapas conceptuais servir de indicador da evolução de aprendizagens?*

- Aplicar o estudo a um número maior de participantes e recolher através de entrevista ou questionário as impressões dos intervenientes e as implicações deste tipo de abordagem didática ao nível da sua formação académica e pessoal. Uma possível questão seria - *Como percecionam os alunos abordagens didáticas fundamentadas no Ensino por Pesquisa?*

- Utilizar este tipo de abordagem didática em outros objetos de estudo, envolvendo outras áreas curriculares, nomeadamente a Matemática, a Biologia e Artes Visuais, procurando resposta para a questão - *De que forma a utilização de abordagens didáticas transdisciplinares, fundamentadas no Ensino por Pesquisa, promovem o desenvolvimento académico e social do aluno?*

- Estimular a cooperação entre a escola e espaços não formais de Educação como forma de contribuir para a inovação e compreensão da Educação em Ciência, respondendo à seguinte questão:

*Qual o contributo dos espaços não formais de Educação na Educação em Ciência?*

Em síntese e apesar das limitações do estudo, anteriormente referidas, a sua realização permitiu desenvolver uma abordagem didática a um tema de toda a relevância – a Miniprodução FV. A sua implementação em sala de aula potenciou o desenvolvimento de competências relacionadas com o tema mas, também, um leque de competências transversais como sejam as relacionadas com resolução de problemas, o trabalho colaborativo, a comunicação e a utilização das TIC.

A futura professora/investigadora, no decurso do desenvolvimento do estudo, teve a possibilidade de “testar” na sua prática supervisionada, indicadores da literatura da especialidade, e que promoveu o aprofundamento das suas competências e a articulação entre as dimensões da didática a que Alarcão (1994) alude a saber: a didática curricular, investigativa e profissional.

## REFERÊNCIAS

- Alarcão, I. (1994). A didáctica curricular na formação de professores. In A. Estrela, & J. Ferreira, *Desenvolvimento Curricular e Didáctica das Disciplinas*. (pp. 723-732). Lisboa: Actas do IV Colóquio Nacional da Association Francophone Internationale de Recherche en Sciences de l'Education (AIPELF).
- Araújo, C., Pinto, E., Nogueira, L., & Lopes, J. (2008). *Estudo de caso*. Minho: Universidade do Minho.
- Barradas, F., & Carvalho, C. (2007). Implementação do Ensino CTS: A experiência de três Professores. In B. Lopes, & J. P. Cravinho (Ed.), *Contributos para a qualidade educativa no ensino das Ciências do pré-escolar ao superior: Actas do XII Encontro Nacional de Educação em Ciências* (pp. 358-361). Trás os Montes e Alto Douro: Universidade de Trás os Montes e Alto Douro.
- Belland, B. B., Glazewski, K. D., & Richardson, J. C. (September de 2010). Problem-based learning and argumentation: testing a scaffolding framework to support middle school students' creation of evidence-based arguments. *Springer Science+Business Media*, pp. 667–694.
- Blalock, J. H. (1973). *Introdução à pesquisa social*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Bogdan, R., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação : uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Brannen, J. (1992). *Mixing Mathods: qualitative and quantitative research*. USA: Ashgate Publishing Company.
- Cachapuz. (2007). Ciência e Educação em Ciência. *Educação em Ciência: que fazer?* (pp. 239-249). Lisboa: Conselho Nacional de Educação.
- Cachapuz, A. (2001). *Perspectivas de Ensino*. Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC).
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2002). *CIência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Caldeira, c., Silva, L., Silva, L., Valadares, J., & Teodoro, V. (2001). *Física-12º Ano*. Lisboa: Didáctica editora.

- Carrasquinho, S. M. (2007). *A investigação educacional e as práticas lectivas em Ciências*. Tese de Doutoramento da Universidade de Aveiro. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Carvalho, A. A. (2002). *Testes de Usabilidade: exigência supérflua ou necessidade?* Obtido em 2 de Agosto de 2011, de <http://www.lits.dei.uminho.pt/tu.pdf>
- Castro, R. M. (2008). *Energias Renováveis e Produção Descentralizada - Introdução à Energia Fotovoltaica*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa- Instituto Superior Técnico.
- Cerezo, N. (2004). Problem-Based Learning in the Middle School: A Research Case Study of the Perceptions of At-Risk Females. *Research in Middle Level Education Online* .
- Costa, F. A. (1999). Contributos para um Modelo da Avaliação de. *1º Simpósio Ibérico de Informática Educativa*. Universidade de Aveiro.
- Costa, J. A. (2000). *Educação em Ciências: Novas orientações*. Obtido em 2011, de RCAAP: <http://hdl.handle.net/10400.19/921>
- Costa, J. A. (1999). *O papel da escola na sociedade actual: implicações no ensino das ciências*. Obtido em 2011, de MILLENIUM- Revista do IPV: [http://www.ipv.pt/millennium/15\\_pers3.htm](http://www.ipv.pt/millennium/15_pers3.htm)
- Costa, M. d. (2001). *Orientações CTS e ensino de Química no Secundário. Tese de Mestrado da Universidade de Aveiro*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Energy, R. (1998 a). *Estimating PV System Size and Cost*. Obtido em 1 de Março de 2011, de Texas State Coservation Office: <http://www.infinitepower.org/pdf/No19%2096-828B.pdf>
- Energy, R. (1998 b). *Introduction to Photovoltaic System*. Obtido em 1 de Março de 2011, de The Infinite Power of Texas: <http://www.infinitepower.org/pdf/No18%2096-815B.pdf>
- Energy, R. (1998 c). *The Infinite Power of Texas*. Obtido em Março de 2011, de Texas State Energy Conservation Office: <http://www.infinitepower.org/index.htm>
- Ferreira, A. J. (2004). *Projectos no Ensino das Ciências: Um guia para o professor com sugestão de trabalhos para as áreas de projecto dos ensinos Básico e Secundário*. Lisboa: Texto Editora.

- Fonseca, S. C. (2006). *Influência de Gases Inertes no equilíbrio Químico: Nuances e Simulações Computacionais*. Porto: Universidade do Porto.
- Galvão, C., & Freire, A. (2004). A perspectiva CTS no currículo das Ciências Físicas e Naturais em Portugal. *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 31-38). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Galvão, C., & Freire, A. (2004). Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciências. *A perspectiva CTS no currículo das Ciências Físicas e Naturais em Portugal* (pp. 31-38). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A., & Oliveira, A. (2006). *Avaliação de competências em Ciências*. Porto: ASA Editores.
- Hasnain, S. M., Alawaji, S. H., & Elani, U. A. (1998). Solar Energy Education - A Viable Pathway For. *Elsevier Science* , 387-392.
- Hasnain, S. M., Elani, U. A., Al-Awaji, S. H., Aba-Oud, H. A., & Smiai, M. S. (1995). Prospects and Proposals for Solar Energy Education. *Elsevier Science* , 307-314.
- Hennessey, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., Velle, L., et al. (Fevereiro de 2002). Pedagogical approaches for technology-integrated. *Elsevier* , pp. 137-152.
- Laurinda, L. (2004). *Metodologia do Ensino das Ciências - Evolução e tendências nos últimos 25 anos*. Braga: Instituto de Educação e Psicologia - Universidade do Minho.
- Loureiro, M. J., Pombo, L., Barbosa, I., & Brito, A. L. (Maio de 2010). A utilização das TIC dentro e fora da escola: resultados de um estudo envolvendo alunos do concelho de Aveiro. *Educação, Formação & Tecnologias* , pp. 31-40.
- Marques, A. M. (2008). *Utilização pedagógica de mapas mentais e conceptuais*. Universidade Aberta.
- Martin, S. H. (2002). The classroom Environment and its effects on the Practice of Teachers. *Elsevier Science Ltd* , pp. 139-156.
- Martins, I. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* , pp. 28-39.
- Martins, I., Cruz, G., Lopes, J., Maciel, N., & Vieira, R. (2010). *Metas de Aprendizagem para o 3.º Ciclo – Ciências Físico-Químicas*. Lisboa: Ministério da Educação.



- Martins, R. L., Linhares, M. P., & Reis, E. M. (2009). Mapas conceituais como instrumento de avaliação e aprendizagem de conceitos físicos sobre mecânica do voo. *Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências*, 9.
- Martins, V. P. (2006). *Avaliação do valor educativo do software de elaboração de partituras: um estudo de caso com o programa finale, no 1º Ciclo. Tese de Mestrado da Universidade do Minho*. Minho: Universidade do Minho.
- McCorskey, J. C., & McVetta, R. W. (March de 1978). Classroom seating arrangements: Instructional Communication Theory versus Student preferences. 27, pp. 99-111.
- Ministério da Educação. (2001). *Programa de Física e Química A, 10º ou 11º anos*.
- Moreira, L. F. (2008). *Aprendizagem das Ciências no º CEB, numa perspectiva CTS/PC em contexto não-formal*. Tese de Mestrado da Universidade de Aveiro. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Moreira, M. A. (1997). *Mapas conceptuais e aprendizagem significativa*. Obtido em Abril de 2011, de Instituto de Física - UFRGS: [www.if.ufrgs.br/~moreira](http://www.if.ufrgs.br/~moreira)
- Moreira, M. A., & Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem - Os mapas conceptuais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Pátano.
- Nascimento, G. R., Júnior, S. M., & Cordeiro, J. P. (2009). O emprego de mapas conceptuais como estratégia de avaliação da aprendizagem na casa da Física. *Simpósio Nacional de Ensino da Ciência e Tecnologia* (pp. 641-648). Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Nave, A., & Paixão, F. (2004). Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciências. *Condições de implantação de parques de energias renováveis: para uma proposta de abordagem CTS* (pp. 263-266). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Neves, Z., & Martins, I. (2004). Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciências. *Competências e atitudes de alunos do ensino secundário na resolução de questões de cariz CTS* (pp. 247-251). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Aprender a Aprender*. Lisboa: Pátano.
- Ontoria, A., Ballesteros, A., Cuevas, C., Giraldo, L., Gómez, J. P., & Martín, I. (1994). *Mapas conceptuais*. Rio Tinto: ASA.

- Osborne, J. (2003). Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions. *FUTURELAB SERIES* .
- Osborne, J. (2007). Science Education for the twenty First Century. *Eurasia Journal of mathematics, Science & Technology Education* , 173-184.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Pardal, L., & Correia, E. (1995). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto: Areal Editores.
- Paviani, J. (2003). *Disciplinaridade e Interdisciplinaridade*. Porto: Seminário Internacional Interdisciplinaridade, Humanismo, Universidade, Faculdade do Porto.
- Praia, J., & Cachapuz, A. (Dezembro de 2005). Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético. *Revista CTS* , pp. 173-194.
- Prieto, L., Sobrino, S. V., Jorrín-Abellán, I., Martínez-Monés, A., & Dimitriadis, Y. (Janeiro de 2011). Recurrent routines: Analyzing and supporting orchestration in technology-enhanced primary classrooms. *Elsevier* , pp. 1214-1227.
- Quartaroli, M., & Sherman, F. (2011). Problem-Based Learning: Valuing Cultural Diversity in Science Education with Native Students. *Honoring Our Heritage: Culturally Appropriate Approaches to Indigenous Education* , pp. 57-74.
- Quivy, R. (1998). *Manual de Investigação em Ciências*. Lisboa: Gradiva.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2008). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Rutten, N., Joolingen, W. R., & Veen, J. (Dezembro de 2010). Computers & Education: The learning effects of computer simulations in science education. *Elsevier* , pp. 136-153.
- Sequeira, M., & Freitas, M. (1989). Os "Mapas de Conceitos" e o ensino-aprendizagem das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação* , pp. 107-116.
- Silva, S. G. (2010). *Percepções dos alunos sobre Ensino CTS e abordagens à aprendizagem*. Tese de Mestrado da Universidade de Aveiro. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Sociedade Portuguesa de Energia Solar. (2004). *Conversão Fotovoltaica da Energia Solar*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2011, de Fábrica da Ciência Viva: <http://www.cienciaviva.pt/rede/energia/himalaya2005/home/guia4.pdf>

- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2004). Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciências. *produção e validação de Materiais Didáticos de cariz CTS para a educação em Ciências no Ensino Básico* (pp. 81-87). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Valente, J. A. *Diferentes usos do Computador na Educação*. Lisboa: NIED/UNICAMP.
- Vallêra, A. (Janeiro de 2006). Energia Solar Fotovoltaica. *Gazeta da Física* , 36-41.
- Vieira, R. M., & Martins, I. P. (2004). Impacte de um Programa de Formação com uma Orientação CTS/PC nas Concepções e Práticas de Professores. *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciências* (pp. 47-55). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Yager, R. E. (2008). *Comparison of Student Learning Outcomes in Middle School Science Classes with an STS Approach and a Typical Textbook Dominated Approach*. Portland: RMLE Online.

### **Decreto-Lei**

Decreto-Lei n.º 43/2007, de 22 de Fevereiro

Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de Março

Lei de Bases do Sistema Educativo



## **ANEXOS**

## Anexo 1: Planificação do objeto de ensino



**Escola Secundária Dr. Jaime Magalhães Lima**  
**Departamento de Ciências Físicas e Naturais - Área Disciplinar de Física e Química**  
**Ciências Físico-Químicas 10º Ano**

### PLANO DE AULA

#### ENQUADRAMENTO DA AULA NO PROGRAMA OFICIAL HOMOLOGADO

**Ano de escolaridade:** 10º.

**Disciplina:** Física e Química A

**Domínio:** Física

**Subdomínio:** Do Sol ao Aquecimento

**Tópico:** Energia – do Sol para a Terra

#### ORGANIZAÇÃO LOGÍSTICA DA AULA

MATERIAL	MATERIAL ESPECÍFICO	MATERIAL LABORATORIAL
Quadro; canetas; computador; Data Show	Programa <i>SunnyDesign</i> .	

#### OBJETO DE ENSINO

- ✓ A radiação solar na produção de energia elétrica – painel fotovoltaico

#### OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

O aluno:

- Indica a constituição de uma célula FV.
  - Região tipo n (Si dopado com fósforo), região tipo p (silício dopado com boro), junção p-n e contactos metálicos com ambas as regiões (Castro, 2008, pp. 17-18).
- Explica a necessidade de existirem duas regiões distintas, região p e n, em células FV.
  - Estas regiões resultam do material dopante que se associa às células FV. Estes

materiais (boro e fósforo) pretendem criar uma diferença de potencial (ddp) – diferença dada pela transferência de elétrons entre estas duas camadas (Castro, 2008, pp. 17-18).

‣ Reconhece que existem 3 gerações de células FV (1ª. – silício monocristalino e policristalinos; 2ª. – películas finas (silício amorfo, Arsenieto de gálio (GaAs) e compostos policristalinos); 3ª – células orgânicas) e que o seu progresso se deve ao aperfeiçoamento das características (eficiência/ rendimento e custos) (Viva).

‣ Distingue efeito fotovoltaico de efeito fotoelétrico.

-A distinção entre estes dois fenómenos reside no facto de que no primeiro [efeito fotovoltaico] um fóton com determinada energia (1,12 eV para o Si) incide numa região do material semiconductor que possui um excesso de cargas negativas [região n], como consequência é transferido um elétron para a região que possui um défice de cargas negativas [região p]. Esta “transferência” de elétrons gera uma ddp entre as regiões n e p de aproximadamente 0,6 Volts para Si. No efeito fotoelétrico ocorre a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta (esta frequência depende do material) (Vallêra, 2006, p. 38).

‣ Relaciona as associações em série e em paralelo de células FV com o aumento da tensão e a corrente, respetivamente.

- As associações, em série e em paralelo, são criadas tentando atender às necessidades energéticas dos utilizadores. Estas associações formam módulos que por sua vez também se agrupam em série e em paralelo, tendo o mesmo objeto das associações anteriores e denominam-se painéis fotovoltaicos (Castro, 2008, pp. 39-42; Energy, 1998 a).

‣ Identifica os elementos constituintes de um sistema fotovoltaicos e indica as suas finalidades/objetivos.

- Os constituintes de um sistema fotovoltaico são: painéis fotovoltaicos e estruturas dispositivos de interface e de regulação – inversor de corrente elétrica, cabos, contador de eletricidade, baterias e estruturas de suporte;

- O inversor é um elemento de interface entre o painel e os equipamentos, de modo

a adequar as formas de onda das grandezas elétricas DC do painel às formas de onda AC exigidas pelos equipamentos domésticos;

- Os cabos conduzem a corrente elétrica quer do painel ao inversor, do inversor ao contador e deste último à rede e aos equipamentos;

- O contador permite taxar a corrente elétrica produzida e/ou pretendida no caso de sistemas ligados à rede;

- As baterias são exclusivamente utilizadas em sistemas fotovoltaicos isolados, pois permitem armazenar a energia para ser utilizada posteriormente quando as condições externas não permitem atender às necessidades dos utilizadores.

- As estruturas de suporte permitem aparelhar todo sistema (Castro, 2008, pp. 6-7; (Energy, 1998 a)

- Analisa as variáveis de que depende o rendimento de um painel fotovoltaico e como poderão maximizá-lo, tendo em vista a tomada de decisões.

- O painel fotovoltaico deve ser orientado de forma a receber o máximo de radiação incidente (orientação a Sul e inclinação conveniente) e ter em atenção que o rendimento/eficiência das células é condicionado pela temperatura (Castro, 2008, pp. 38-50).

- Distingue sistema de Microgeração fotovoltaico isolado de sistema de Microgeração fotovoltaico ligado à RESP.

- O sistema de Microgeração fotovoltaico isolado necessita de baterias para armazenamento de energia, não vende a energia elétrica produzida à RESP e não produz energia elétrica quando não existem condições propícias à produção de energia elétrica. No entanto a sua utilização é pertinente quando a requisição de energia elétrica não está ao alcance do consumidor (Castro, 2008, pp. 6-7; Energy, 1998).

- Reconhece que os sistemas de Microgeração e Miniprodução FV apresentam vantagens e desvantagens.

- As desvantagens passam fundamentalmente pelo custo excessivo destes sistemas.

- As vantagens passam pela utilização de fontes de energia não poluentes e renováveis, quando os sistemas se encontram ligados à RESP, ao fim de um determinado



tempo podemos vir a lucrar com o investimento, ou apenas recuperá-lo, não necessitam de manutenções periódicas e têm um prazo de vida de aproximadamente 25 anos (Castro, 2008, pp. 12-14), (Viva).

**ESTRATÉGIA:** (Descrição)

Preconiza-se uma estratégia baseada na pesquisa e recolha de informação. Todo o trabalho desenvolvido pelos alunos é acompanhado com referências bibliográficas (apoio à pesquisa) – este método permite-lhes, além de fundamentar de modo seguro e adequado as suas análises, a seleção da informação correta.

Para organizar a informação necessária à compreensão do tema em estudo foi criado um mapa conceptual.

A presente proposta de ensino passa pela exploração dos conteúdos e objetivos de ensino recorrendo a atividades de variados formatos – diretriz requerida no programa nacional de Física e Química A para o 10º. e 11º. Anos de escolaridade (Ministério da Educação, 2001). A abordagem pode desenhar-se em quatro etapas; inicia-se com um trabalho de pesquisa, em grupo e orientado (Anexo 2), seguida de discussão de ideias em sala de aula com o apoio do Professor; visita ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro com a finalidade de conhecer e contactar com o trabalho desenvolvido na área de investigação de sistemas FV; e, por fim, a realização de um miniprojecto de dimensionamento de um sistema de Microgeração FV para a ESJML, que será concretizado em grupos heterogéneos de cinco alunos:

- 1º. Grupo: células de silício monocristalino com seguidor solar;
- 2º. Grupo: células de silício monocristalino sem seguidor solar;
- 3º. Grupo: células de silício Policristalino com seguidor solar;
- 4º. Grupo: células de silício Policristalino sem seguidor solar;
- 5º. Grupo: células de silício amorfo.

A ficha de pesquisa visa que ao alunos desenvolvam conhecimentos sobre: funcionamento de células Fotovoltaicas (FV), sistemas FV e Microgeração FV. Após a entrega da ficha, o Professor afere quais as principais dificuldades e conhecimentos que necessitam de ser sedimentados e reestruturados. Com base nesta avaliação, estrutura-se uma aula de discussão, tendo como “pano de fundo” as questões da ficha.

Para sedimentar e desenvolver aprendizagens mais profundas, fortalecer o

entusiasmo e enquadrar o estudo com a realidade social atual, propõe-se a visita ao Departamento de Física da Universidade de Aveiro e a elaboração de um trabalho de grupo sobre dimensionamento de painéis FV para a escola (ESJML).

Para compreender a evolução dos conhecimentos/aprendizagens dos alunos recorre-se a um teste de conhecimentos individual (Anexo 6). Este teste é composto por duas fases. Na primeira, apresenta-se uma grelha de conceitos/termos inerentes ao objeto de ensino no qual os alunos terão de aferir os seus conhecimentos – apenas indicam se conhecem ou não conhecem os termos elencados. Na segunda fase, os alunos terão de esboçar um mapa de conceitos com os conceitos/termos que afirmam conhecer. Neste momento outros conceitos ou ideias podem ser adicionados com o intuito de completar ou valorizar os mapas conceptuais.

As atividades práticas visam desenvolver o espírito crítico, a autonomia e trabalho de grupo.

#### **AULA 1 – 5/04/2011 (90 MIN)**

**SUMÁRIO PREVISTO:** Apresentação aos alunos do projeto de dimensionamento de painéis fotovoltaicos (FV) para a Escola Secundária Jaime Magalhães de Lima (ESJML).

Formação dos grupos de trabalho.

Aplicação do teste de conhecimentos: “Estudo de Microgeração Fotovoltaica”.

#### **ORGANIZAÇÃO ARTICULADA DAS ATIVIDADES QUE INTEGRAM AS ESTRATÉGIAS:**

Nesta primeira aula pretende dar-se a conhecer aos alunos o trabalho que se deseja desenvolver – proposta de dimensionamento de painéis FV com células de silício monocristalino, Policristalino e amorfo. Discutir-se-ão ainda as ideias dos alunos acerca de fontes de energias renováveis e Microgeração FV.

Além do acima exposto, aplica-se o primeiro teste de conhecimentos – teste composto por duas fases: na primeira fase apresenta-se uma lista de conceitos subjacentes à compreensão do fenómeno FV e a Microgeração FV. Com a primeira fase pretende-se obter um panorama do número de conceitos que são familiares aos alunos e, na segunda, como percebem estes conceitos e de que processos cognitivos se estão a servir.

- No dia 8 de Abril entrega-se aos alunos um trabalho de pesquisa que deverá ser

enviado por *email* ou entregue em formato de papel até o dia 2 de Maio.

## **AULA 2 – 23/05/2011 (90 MIN)**

**SUMÁRIO PREVISTO:** Discussão com os alunos sobre o trabalho a desenvolver. Esclarecimento de dúvidas e debate sobre ideias pouco claras/erradas apresentadas no trabalho de pesquisa.

### **ORGANIZAÇÃO ARTICULADA DAS ATIVIDADES QUE INTEGRAM AS ESTRATÉGIAS:**

Questionamento dos alunos para diagnósticos das aprendizagens sobre funcionamento de células e painéis FV:

- a) Qual a diferença entre o efeito FV e o efeito fotoelétrico?
- b) Quais as principais características dos três tipos de células FV mais utilizadas no mercado FV?
- c) Como se associam as células FV num sistema FV? Qual a finalidade desta associação?
- d) Quais os componentes de um sistema FV ligado à rede pública? E as suas finalidades?
- e) O que é a Microgeração e Miniprodução FV?
- f) Qual a diferença entre Microgeração e Miniprodução FV?
- g) Quais os requisitos para se ser miniprodutor?
- h) Como dimensionar um sistema de Miniprodução FV?

(As questões orientadoras baseiam-se nas questões do trabalho de pesquisa)

Na exploração das diversas questões, o Professor solicita respostas, modera as intervenções dos alunos e a discussão das mesmas, sistematizando as principais ideias.

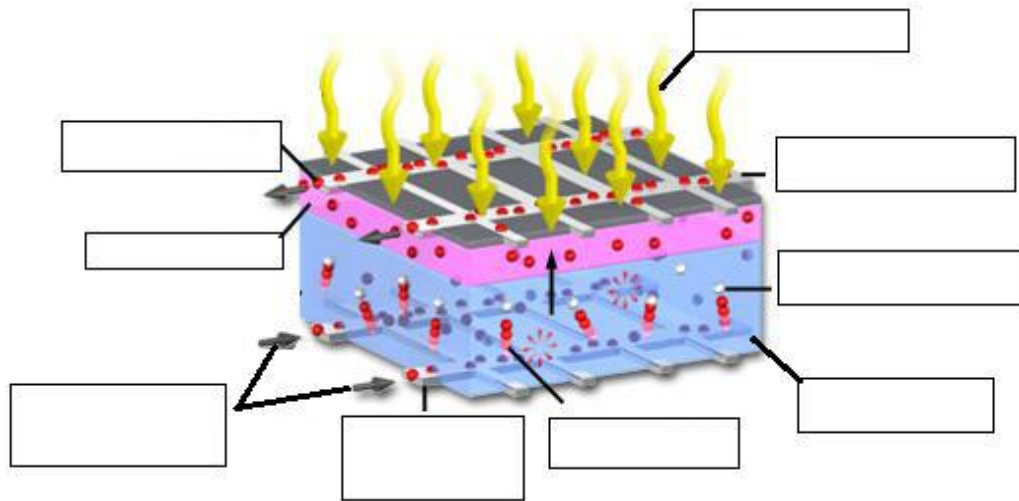
Questão a) – antes de conseguirmos responder diretamente a esta questão necessitamos de ter bem claro os conceitos base desta justificação. Conceitos como o de célula FV, semicondutor, dopante e efeito fotoelétrico têm de estar presente.

Inicia-se a discussão com a recolha das ideias dos alunos visando responder às seguintes questões:

- O que é uma célula FV?
- Como é constituída uma célula FV?

- Como funciona uma célula FV?

Para ajudar à discussão apresenta-se um esquema de uma célula FV (esquema do trabalho de pesquisa)



**Ilustração 1: Célula Fotovoltaica;**

**Figura adaptada de <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html>**

*A célula FV é a unidade fundamental do processo de conversão direta energia radiante em energia elétrica. São constituídas por materiais especiais chamados de semicondutores (material com características intermédias entre um condutor e um isolante), sendo o silício o mais utilizado atualmente.*

*As células FV são fabricadas, na sua grande maioria, com silício (Si) podendo ser constituída por cristais monocristalinos, cristais policristalinos ou de silício amorfo.*

*O silício apresenta-se normalmente como areia. Através de métodos adequados obtém-se o Silício em forma pura. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto é mau condutor elétrico. Para alterar isto acrescentam-se percentagens de outros elementos. Este processo denomina-se dopagem.*

*O boro é o dopante normalmente usado para criar a região tipo p. Um átomo de boro forma quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos de silício, mas como só possui três elétrons na banda de valência, existe uma ligação apenas com um elétron, enquanto as restantes três ligações possuem dois elétrons. A ausência deste elétron é considerada uma lacuna, a qual se comporta como uma carga positiva que viaja através do material, pois de cada vez que um elétron vizinho a preenche, outra lacuna é criada. A*

*razão entre átomos de boro e átomos de silício é normalmente da ordem de 1 para 10 milhões.*

*O fósforo é o material usado para criar a região n. Um átomo de fósforo tem cinco elétrons na sua banda de valência, pelo que cria quatro ligações covalentes com os átomos de silício e deixa um elétron livre, que viaja através do material*

*Cada célula FV compreende uma camada fina de material tipo n e de material tipo p (ver figura).*

*Separadamente, ambas as camadas são eletricamente neutras. Mas, na união destas duas camadas, forma-se uma região de transição, denominada de junção p-n. Nesta junção cria-se um campo elétrico – os elétrons na camada tipo n ocupam os lugares vazios da camada tipo p.*

*Quando incide luz sobre a célula, os fótons (com energia próxima de 1,1 eV) “chocam” com os elétrons da camada de silício tipo n, fornecem-lhes energia suficiente e transformam-no em condutor. Como resultado da existência do campo elétrico na junção p-n, os elétrons fluem da camada eletricamente negativa para a camada eletricamente positiva, por meio de um condutor externo.*

*A intensidade da corrente elétrica gerada é proporcional à intensidade de fótons incidentes.*

*Ao fluxo de elétrons estabelecidos neste circuito elétrico denomina-se de efeito FV.*

*O processo FV é, fundamentalmente, um processo no qual os fótons associados à radiação incidente (solar ou outra) são absorvidos pelo semicondutor e promovem a excitação dos elétrons da banda de valência para a banda de condução. Esta transição de elétrons possibilita a formação de pares elétron/buraco e quando se conseguem manter separados por ação de um campo elétrico (campo gerado numa junção p-n), estão livres para produzir corrente elétrica.*

*Para ajudar à compreensão do efeito FV, faz-se a legenda da figura e apresenta-se a seguinte simulação:*

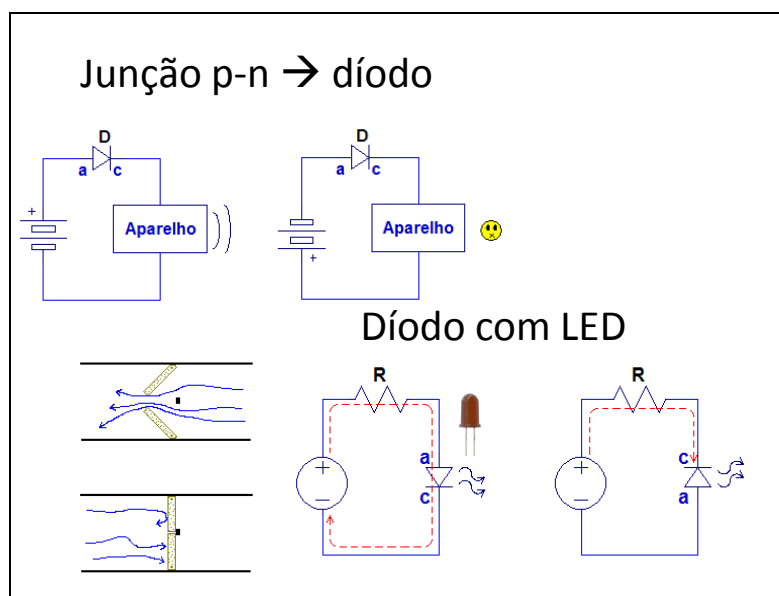
*Simulação – efeito fotovoltaico (Inglês):*

*<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html>*

Como verificação das aprendizagens questiona-se aos alunos sobre *quais as diferenças entre o efeito fotovoltaico e o efeito fotoelétrico?*

*A distinção entre estes dois fenómenos reside no facto de que no primeiro [efeito fotovoltaico] um fóton com determinada energia (1,12 eV para o Si) incide numa região do material semiconductor que possui um excesso de cargas negativas [região n], como consequência é transferido um eletrão para a região que possui um défice cargas negativas [região p], ou seja, o eletrão é removido da camada de valência para a camada de condução, deixando um buraco na camada de valência. Esta “transferência” de eletrões gera uma ddp entre as regiões n e p de aproximadamente 0,6 Volts para Si. No efeito fotoelétrico ocorre a emissão de eletrões por um material, geralmente metálico, quando exposto a uma radiação eletromagnética (como a luz) de frequência suficientemente alta (esta frequência depende do material) (Vallêra, 2006, p. 38).*

Numa das respostas ao trabalho de pesquisa, um grupo comparou corretamente a junção p-n a um díodo. Com vista a valorizar o empenho e o espírito de trabalho deste grupo, propôs-se que este explique aos colegas o funcionamento de um díodo e as semelhanças com a junção p-n nas células FV. Para ajudar à explicação do fenómeno à turma recorre-se ao seguinte slide:



Neste diapositivo pretende-se mostrar porque é que o fluxo de eletrões só ocorre em um sentido – camada tipo p para a camada tipo n.

Questão b) – para se discutir as principais diferenças entre os três tipos de células FV mais comercializadas apresenta-se o quadro criado por um grupo de trabalho:

Características	Células Fotovoltaicas de Silício		
	Amorfo	Monocristalino	Policristalino
<b>Utilização no Mercado</b>	3,7%	60%	30%
<b>Vantagens</b>	Custo reduzido. As células são películas muito finas – material de construção.	Mais eficiente. Boa relação qualidade/custo. Menor área de captação.	Custo inferior ao do silício monocristalino.
<b>Desvantagens</b>	Painéis de baixa voltagem/ baixa potência (1,5 a 6 V). Baixa eficiência. Tempo de vida inferior aos dos silícios monocristalino e Policristalino.	Técnicas utilizadas na sua produção são complexas e caras.	Rendimento inferior devido a imperfeições nos cristais. Eficiência média e tempo de vida útil menor do que os do silício monocristalino.
<b>Eficiência de Conversão</b>	Rendimento mais reduzido (o rendimento típico é entre 6 e 7 e o rendimento máximo registado em laboratório é 12,7%).	Rendimento mais elevado (o rendimento típico é entre 12 e 15% e o rendimento máximo registado em laboratório é 24,0%).	Rendimento intermédio (o rendimento típico é entre 11 e 14% e o rendimento máximo registado em laboratório é 18,6%).
<b>Modo de produção</b>	Deposição de camadas finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal.	Barras cilíndricas de silício monocristalino são produzidas em fornos especiais. As células são obtidas por corte das barras em forma de pastilhas finas.	Blocos de silício são obtidos por fusão de silício puro, que arrefece lentamente e solidifica. Forma-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os

Neste quadro reforçam-se as ideias de percentagem de utilização de mercado, eficácia de conversão e custos associados à sua produção.

Questão c) - o conhecimento prévio dos alunos permite-lhes perceber qual a finalidade das associações em série e em paralelo de componentes de um circuito elétrico (resistências). Partindo deste conhecimento pretende-se que os alunos o apliquem à associação de células FV.

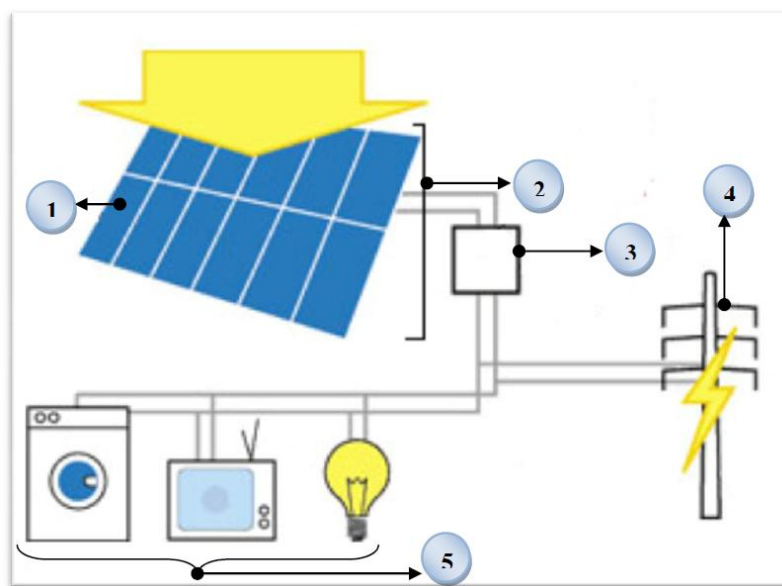
Como a potência máxima de uma célula FV não excede os 2W, sendo esta insuficiente para a maioria das aplicações, têm de ser agrupadas em série e em paralelo formando módulos.

Ligações em série de várias células aumentam a tensão disponibilizada, enquanto ligações em paralelo permitem aumentar a corrente elétrica.

O número de células de um módulo é determinado pelas necessidades de tensão e corrente da carga a alimentar.

Os módulos podem também ser associados em série e em paralelo para obter mais potência, formando painéis.

Questão d) – para abordar os componentes de um sistema FV apresenta-se o esquema



**Ilustração 2: Representação esquemática de um sistema de Microprodução/Microgeração Fotovoltaica;**



Figura adaptada de <http://osinovadores.net23.net/?p=34>

Para sistematizar e corrigir algumas falhas na identificação dos componentes de um sistema FV na questão do trabalho de pesquisa.

- 1 – Célula FV
- 2 – Pannel FV
- 3 – Inversor de corrente DC em AC
- 4 – Rede elétrica de serviço público
- 5 – Equipamentos eletrónicos

Como já fora anteriormente discutida a finalidade/função dos componentes 1 e 2 o que deve ter maior destaque neste momento é o inversor. O inversor é um elemento de interface entre o pannel e os equipamentos, permite adequar as formas de onda das grandezas elétricas DC do pannel às formas de onda AC exigidas pela maioria dos equipamentos.

Além da necessidade de se introduzir corrente elétrica AC, a finalidade desta conversão passa também pela redução de perdas elétricas no “transporte” dessa corrente e pela possibilidade de se conseguirem obter tensões elevadas com um simples transformador.

Questão e) – para iniciar a discussão sobre esta questão propõe-se uma partilha de ideias entre os alunos e o Professor. Toda a discussão deve ser orientada, permitindo chegar às seguintes conclusões:

- *Produção de eletricidade para venda à rede elétrica de serviço público, com uma remuneração de 0,40€/kWh nos primeiros oito anos e 0,24€/kWh nos restantes 7 anos até à quota de 400€/MW nos primeiros oito anos e 240€/MW nos restantes 7 anos;*
- *A potência de ligação da unidade FV não pode exceder os 50% da potência contratada;*
- *Para condomínios é necessária uma auditoria energética e implementação de pelo menos 2m<sup>2</sup> de coletores solares térmicos ou caldeira de biomassa;*
- *Para os restantes edifícios apenas é necessário possuir pelo menos 2m<sup>2</sup> de coletores solares térmicos ou caldeira de biomassa;*
- *Toda a energia produzida é vendida à rede elétrica de serviço público e o*

*microprodutor ou miniprodutor compra a tarifas compensatórias a energia necessária para as suas necessidades;*

*- A produção de eletricidade para venda à rede é de 11,04 kW para condomínios e de 5,75 kW para as restantes instalações.*

Questão f e g) – no dia 8 de Março de 2011 foi publicada em DR a Lei da Minigeração. Esta lei veio definir os procedimentos que regulam a instalação de sistemas FV com potências superiores ao regime de microprodução e inferiores a 250kW. Os procedimentos são bastante semelhantes aos da microprodução, as diferenças passam pelas medidas de bonificação e pela potência instalada.

A discussão com os alunos deve focar-se nos seguintes pontos:

*-Para se ser produtor, no regime de Miniprodução, é necessário que o produtor detenha de um contrato de fornecimento de eletricidade com consumos significativos;*

*- A potência instalada não pode ultrapassar 50% da potência contratada do local de instalação;*

*- A eletricidade vendida está limitada a 2,6 MWh/ano.*

*- Foram criados três escalões de potência de ligação à RESP:*

*. Escalão I: unidades cuja potência seja menor ou igual a 20kW;*

*. Escalão II: unidades de potência superior a 20kW e inferiores ou iguais a 100kW;*

*. Escalão III: unidade de potência superior a 100 kW e inferiores ou iguais a 250 kW;*

*- As condições de remuneração baseiam-se em dois regimes:*

*. Regime ordinário: remuneração da eletricidade produzida baseada na preço de mercado, não existindo qualquer bonificação pela unidade de Miniprodução;*

*. Regime bonificado: o acesso a este regime depende de uma auditoria de eficiência energética ao edifício que determine a implementação de medidas de eficiência energética e a remuneração é baseada no escalão de potência de ligação à RESP; para o escalão I a tarifa é fixa (0.25€) por um período de 15 anos, sendo reduzida anualmente em 7%; para os seguintes escalões a tarifa é atribuída pelo maior desconto à tarifa de referência de 0.25€.*

*- A tarifa de referência é de 250€/kWh e o limite de potência é de 2,6 MWh/ano.*

Questão h) – O dimensionamento é levado a cabo com um programa de livre acesso

(*SunnyDesign*). Este programa vai permitir que os alunos aprofundem e desenvolvam conhecimentos sobre algumas características de sistemas FV:

- Orientação dos painéis FV;
- Inclinação dos painéis FV;
- Características e potência de diferentes células FV;
- Necessidade de existir um conversor de corrente DC em AC;
- Relacionar as características mencionadas anteriormente com a eficácia de conversão

e o rendimento do sistema FV.

Neste programa, os alunos terão de seleccionar a potência de pico necessária para o sistema de Miniprodução com escalão I (D.L. n.º 34/2011), o tipo de células – as que se ajustam ao seu trabalho –, qual a melhor inclinação e orientação do painel e o inversor que melhor se adapta, de modo a rentabilizar todo o sistema FV.

No final, os alunos numa apresentação à turma, a professores e a um representante de uma empresa terão de defender o seu miniprojecto de dimensionamento (a defesa deve basear-se fundamentalmente na relação entre as características células FV e o seu rendimento de conversão, no sistema FV (com ou sem seguidor solar e no impacto económico)).

### **AULA 3 – 27/05/2011 (90 MIN)**

**SUMÁRIO PREVISTO:** Continuação da aula anterior.

Desenvolvimento dos trabalhos em grupo com o programa *SunnyDesign*.

### **ORGANIZAÇÃO ARTICULADA DAS ATIVIDADES QUE INTEGRAM AS ESTRATÉGIAS:**

Nesta aula retomou-se a organização da aula anterior porque não foi concluída. Seguidamente distribuí-se os guiões de exploração do programa *SunnyDesign* e os alunos trabalharam em grupos até ao final da aula.

### **AULA 4 – 16/06/2011 (135 MIN)**

**SUMÁRIO PREVISTO:** Desenvolvimento dos trabalhos em grupo com o programa *SunnyDesign*. Esclarecimento de dúvidas sobre as apresentações

**ORGANIZAÇÃO ARTICULADA DAS ATIVIDADES QUE INTEGRAM AS ESTRATÉGIAS:**

Os alunos trabalharão em grupos para continuarem a desenvolver o projeto de dimensionamento. Nesta aula pretende-se que concluam as apresentações e discutam com o Professor qual a estratégia.

**AULA 5 – 17/06/2011**

**SUMÁRIO PREVISTO:** Apresentação dos projetos de dimensionamento de painéis FV para a ESJML, desenvolvidos pelos grupos.

**TEMPO PREVISTO:**

**90+90+90+145+90 MIN**

**AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS (aprendizagens realizadas)****TIPOS DE INSTRUMENTOS**

- ✓ *Ficha de registo de competências transversais de acordo com o estabelecido pela escola*
- ✓ *Mapa conceptual*
- ✓ *Trabalho de pesquisa orientado*

## Anexo 2: Trabalho de pesquisa orientado

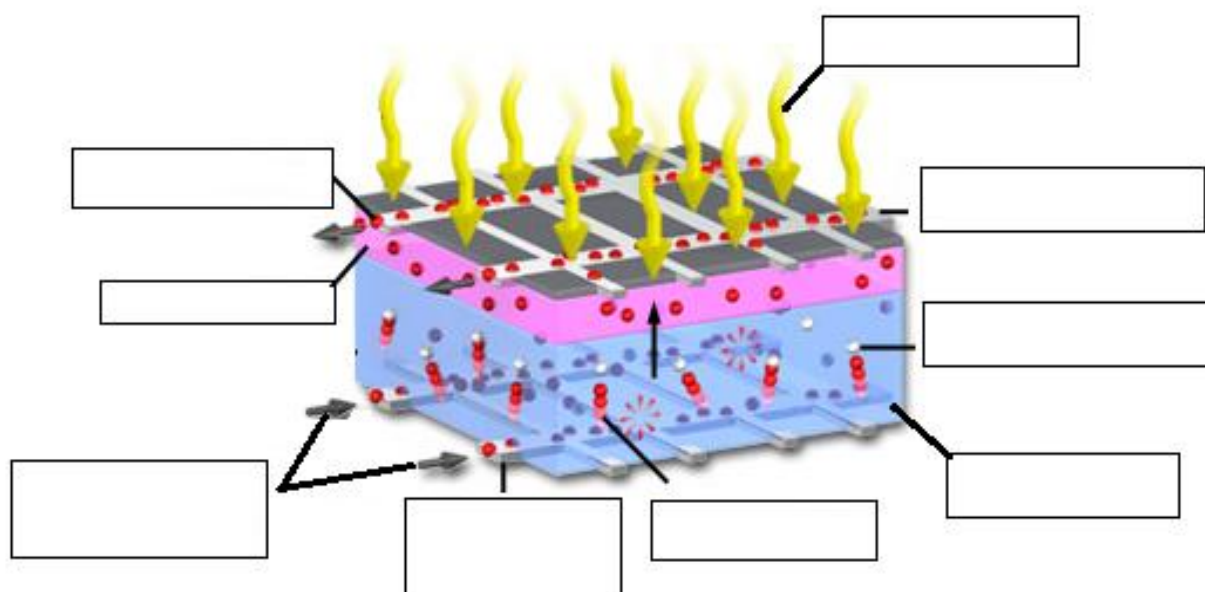


Escola Secundária com 3º CEB Dr. Jaime Magalhães Lima

Departamento de Ciências Físicas e Naturais - Área Disciplinar de Física e Química

### Trabalho de pesquisa para férias

1. A figura abaixo é uma representação esquemática do efeito fotovoltaico. Recorrendo aos sites de apoio que te sugiro, entre outros, completa a legenda e responde às seguintes perguntas,



**Ilustração1: Célula Fotovoltaica;**

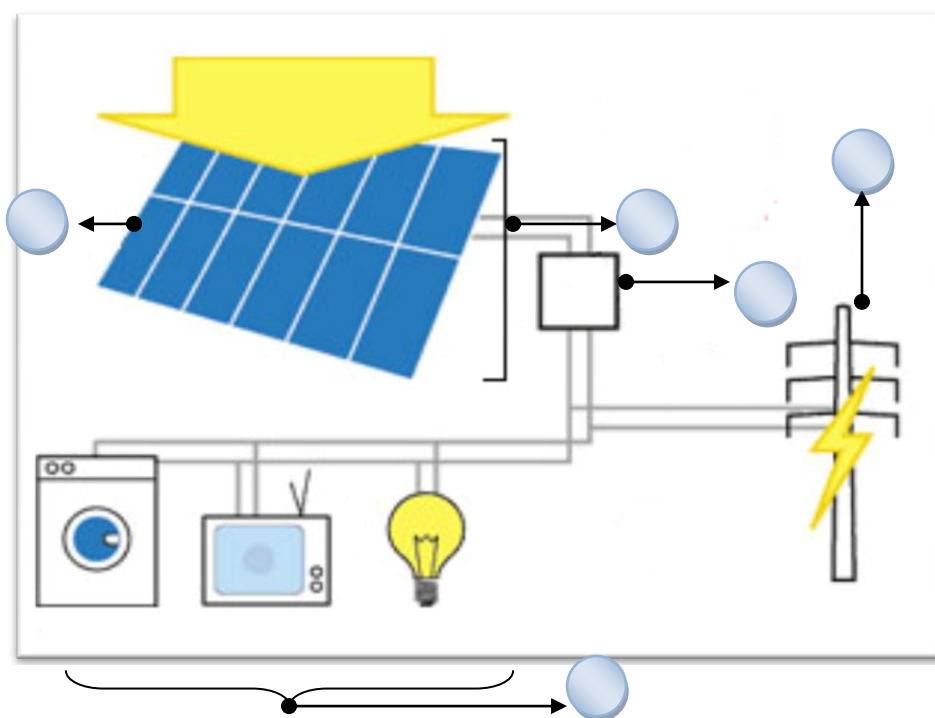
Figura adaptada de <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html>

- 1.1. Descreve, por tuas palavras, como funciona uma célula Fotovoltaica:

- 1.2. No nosso estudo vamos focar a atenção no tipo de células mais comercializadas – as de silício. Com o auxílio das tuas pesquisas preenche o seguinte quadro:

Características	Células Fotovoltaicas de Silício		
	Amorfo	Monocristalino	Policristalino
Utilização no mercado			
Vantagens			
Desvantagens			
Eficiência de conversão			

2. A figura seguinte é uma representação esquemática de um sistema típico de Microprodução/Microgeração Fotovoltaica.



**Ilustração 2: Representação esquemática de um sistema de Microprodução/Microgeração Fotovoltaica;**

Figura adaptada de <http://osinovadores.net23.net/?p=34>

- 2.1. Faz a legenda da figura.
- 2.2. Qual a finalidade do aparelho representado com o número 3?
- 2.3. Explica por tuas palavras como funciona este sistema.
- 2.4. Um dos objetivos de quem instala este tipo de sistemas é obter rendimento máximo. Indica dois fatores que deverão ser levados em consideração na sua instalação.
3. Com a ajuda dos sites que te sugiro no final desta ficha, entre outros recursos descobertos por ti, responde às seguintes questões
  - 3.1. Indica por palavras tuas em que consiste a Microgeração/Microprodução.
  - 3.2. Quem pode ser microprodutor?
  - 3.3. Quais consideras serem as vantagens em se ser microprodutor?

3.4. Imaginando que o preço da eletricidade aumentasse, considerarias instalar um sistema de Microgeração na tua futura casa? Justifica a tua decisão mencionando os aspetos positivos e negativos.

3.5. Qual a vantagem da utilização de sistemas fotovoltaicos em áreas remotas/isoladas?

3.6. Qual o impacto da utilização desmedida de eletricidade?

Sites de apoio ao trabalho:

EDP - <http://www.edp.pt/pt/particulares/Pages/Microgeracao.aspx>

Fábrica da Ciência Viva -  
<http://www.cienciaviva.pt/rede/energia/himalaya2005/home/guia4.pdf>

Martifer (vídeo com componentes de um sistema de microgeração – Inglês) -  
<http://norter.net/martifer/video3d.html>

Simulação – efeito fotovoltaico (Inglês) -  
<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html>

Sotecnisol (empresa de construção) -  
[http://www.sotecnisol.pt/microgeracao/html/07\\_faqs.html](http://www.sotecnisol.pt/microgeracao/html/07_faqs.html)

Ecocaca (projecto desenvolvido pela Quercos) -  
[http://www.ecocasa.pt/energia\\_content.php?id=15](http://www.ecocasa.pt/energia_content.php?id=15)

Painéis Solares e Fotovoltaicos - <http://www.cceeta.pt/downloads/pdf/Solar.pdf>



## Anexo 3: Guião de exploração do programa *SunnyDesign*



**Escola Secundária Dr. Jaime Magalhães Lima**  
**Departamento de Ciências Físicas e Naturais - Área Disciplinar de Física e Química**  
**Ciências Físico-Químicas 10º Ano**

---

### **PLANO ORIENTADOR DO TRABALHO PARA O DIMENSIONAMENTO DE UM GERADOR FV LIGADO À RESP (REDE ELÉTRICA DE SERVIÇO PÚBLICO), COM O PROGRAMA *SUNNYDESIGN***

#### Introdução:

Um grande desafio, recentemente, abraçado por Portugal foi a implementação de uma política energética que permita reduzir a dependência do país de energia externa. Pensando em possíveis fontes de energia alternativas e, aproveitando os recursos que o nosso país possuiu, lembramo-nos imediatamente da energia solar/radiante. Esta compreende qualquer tipo de captação de energia solar/radiante (e, em certo sentido, da energia térmica), e posterior transformação da energia captada noutra forma utilizável pelo ser humano, como a energia térmica para aquecimento de água ou ainda como energia elétrica ou mecânica. Os métodos de captação da energia solar podem ser diversos, e um deles, compreende a produção de energia elétrica através de geradores ou painéis fotovoltaicos (FV).

Tendo como exemplo a Escola Secundária Jaime Magalhães de Lima (ESJML) que tem um consumo mensal próximo dos 24 MWh/mês, verificamos o quão é necessário ponderar, discutir e implementar medidas que permitam reduzir estes custos.

Partindo dos pressupostos acima referidos, vamos estudar a alternativa energética, **geradores FV com ligação à rede elétrica de serviço público (RESP)** na nossa escola. Este trabalho visa aprofundar conhecimentos sobre a conversão de energia radiante em energia elétrica e desenvolver uma proposta de implementação de **geradores FV com ligação à RESP** na escola.

Como é que implementamos esta forma de produção de energia elétrica? Já conhecemos as necessidades da nossa escola, agora temos de estudar as características geofísicas do local onde a escola se situa, e as especificações do equipamento a utilizar. A isto, denomina-nos, dimensionamento de geradores FV. Nas características geofísicas do local temos de considerar: sombras, espaço disponível, inclinação e orientação e nas características do equipamento: tipo de células, inversor de corrente, cabalagem e sistemas de suporte.

Neste trabalho, pretende-se que todos os grupos simulem o dimensionamento de painéis FV com diferentes tipos de células de Silício (Silício monocristalino, Silício policristalino e Silício Amorfo) e sob diferentes condições (inclinação e orientação), de modo a conseguirem defender fundamentadamente as vossas propostas de geradores FV.

Material necessário:

- Computador com o programa *Sunny Design*;
- Caderno de registos;
- Material de escrita (caneta ou lápis).

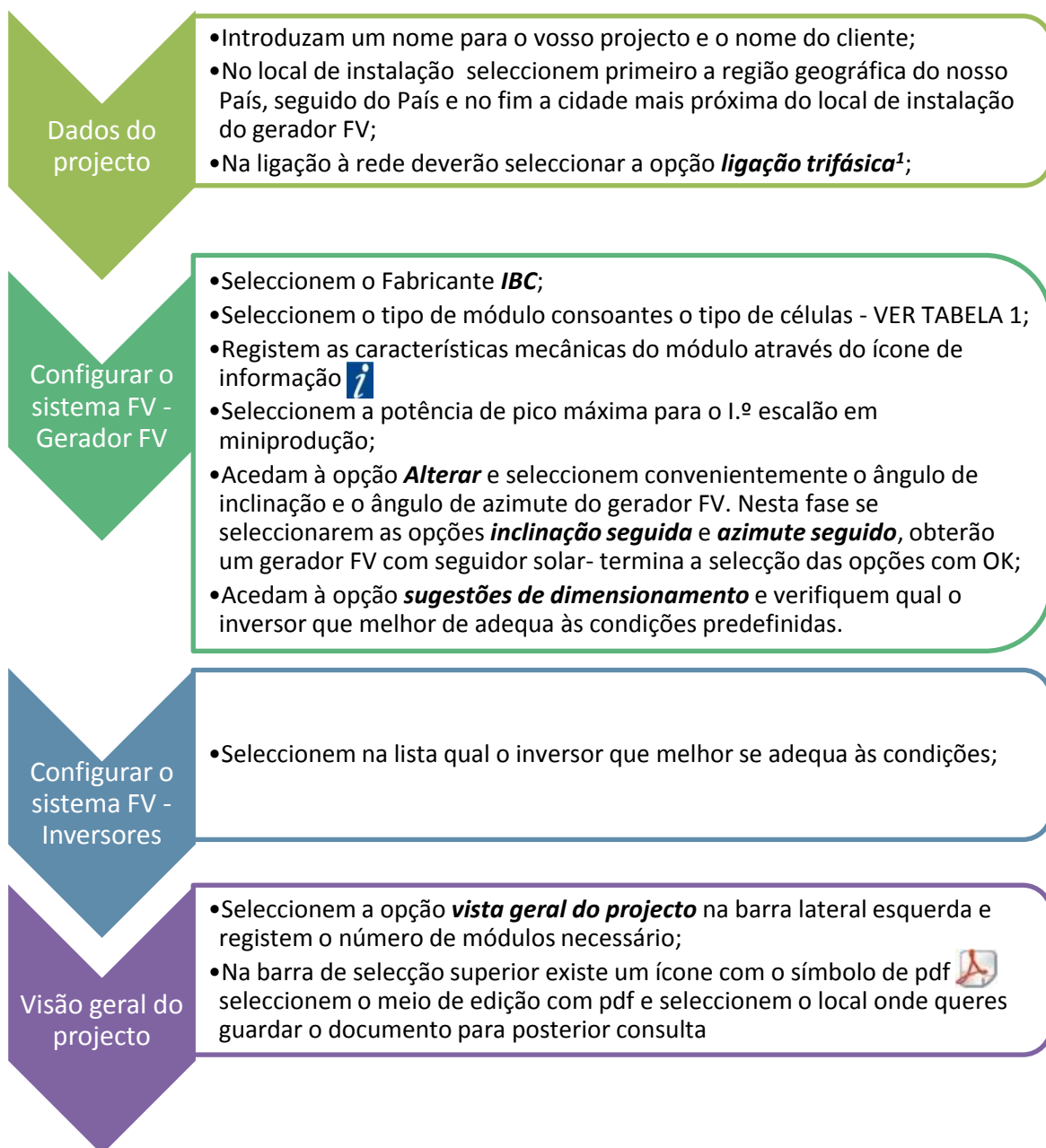
Material em anexo:

- Decreto-lei N.º 34/2011, de 8 de Março.

Procedimento:

1.ª Fase: Simulação do dimensionamento através do programa *SunnyDesign*

De modo a facilitar o uso do programa apresentamos-vos sequencialmente os passos (leiam com atenção e se tiverem dúvidas solicitem o Professor):



<sup>12</sup> Quando existem grandes consumos de energia eléctrica normalmente utiliza-se uma ligação trifásica (ligação à rede).

**Tabela 11:**Tabela com os modelos a utilizar para cada tipo de células:

Fabricante	Tipo de células FV no módulo	Modelo do módulo FV	Características mecânicas do módulo		
			Largura	Peso	Comprimento
IBC	Silício Amorfo	K120-V			
	Silício Monocristalino	IBC MonoSol 230 ET			
	Silício Policristalino	IBC PolySol 230 TE			

**Tabela 12:**Tabela com os preços dos modelos a utilizar para cada tipo de células

Fabricante	Tipo de células FV no módulo	Modelo do módulo FV	Preço
IBC	Silício Amorfo	K120-V	1,60€/Wp
	Silício Monocristalino	IBC MonoSol 230 ET	2,10€/Wp
	Silício Policristalino	IBC PolySol 230 TE	2,00€/WP

**Tabela 13:**Tabela com as características e preço do seguidor solar

Fabricante	Modelo	Características	Preço
		Área de superfície	
Feina	SF28	28 m <sup>2</sup>	5.700,00€

**Tabela 14:**Tabela com preços de inversores

Fabricante	Modelo	Preço
<b>SunnyBoy</b>	SB3300	1.800,00€
<b>SunnyBoy</b>	STP 10000 TL-10	3.500,00€

NOTA: Todos os preços são acrescidos à taxa de IVA de 13%.

## 2.ª Fase: Defesa do projeto de dimensionamento

A proposta do vosso projeto de dimensionamento de um gerador FV, a apresentar e defender, deverá conter os seguintes pontos:

### 1. Descrição do vosso sistema de geração FV

- tipo de células FV
- número de módulos FV
- presença/ausência de seguidor solar
- ângulo de inclinação e orientação do painel FV
- sistema com ligação à RESP
- potência de pico
- local de instalação do gerador FV
- potência anual estimada

### 2. Justificação da proposta

A discussão da proposta deve ser pensada de modo a responder e referir:

- ✓ Porque consideram as células de Silício  
Monocristalinas/Policristalinas/Amorfas as mais apropriadas?
- ✓ Quais as razões que vos levaram a escolher um sistema com/sem seguidor solar?
- ✓ Qual o melhor ângulo de inclinação e orientação solar que permite obter melhores rendimentos?
- ✓ Qual a vantagem em escolhermos um sistema FV com ligação à RESP?
- ✓ Relacionar a área necessária para o gerador FV com a área disponível na escola, o local de instalação e a presença de obstáculos e sombreamentos.
- ✓ Justificar a potência de pico com base no escalão da Miniprodução.

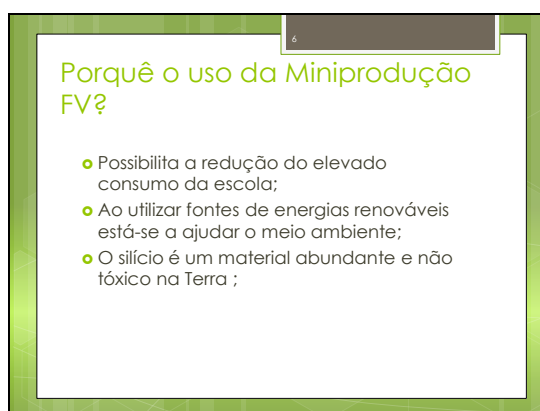
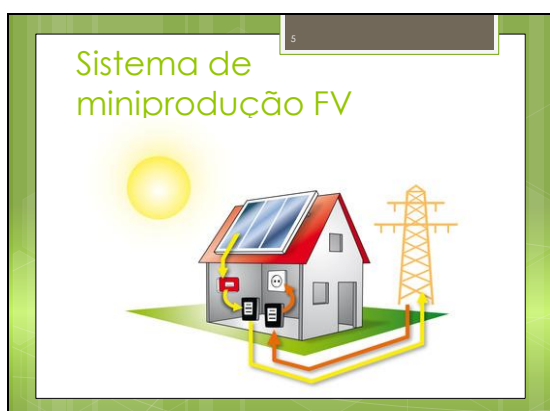
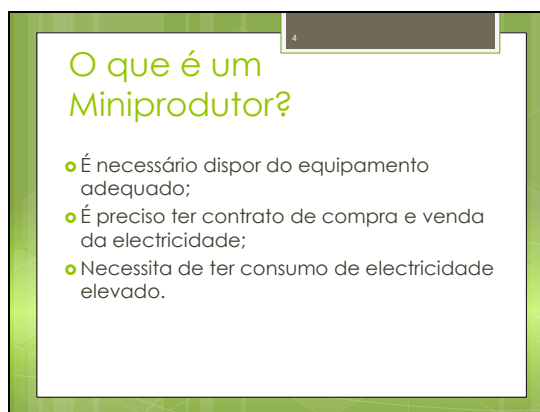
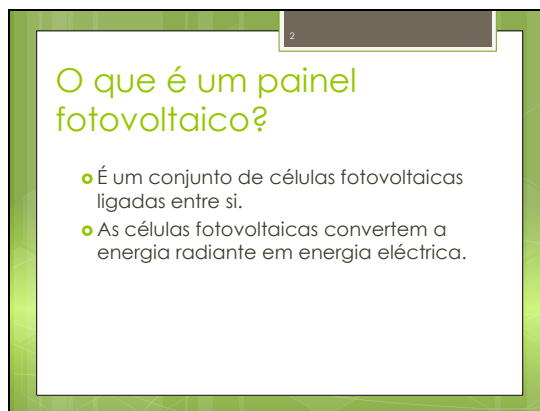
- ✓ Fazer uma estimativa do valor do investimento.
- ✓ Fazer uma estimativa do valor da produção anual de eletricidade.
- ✓ Fazer uma previsão do período de retorno do investimento inicial.

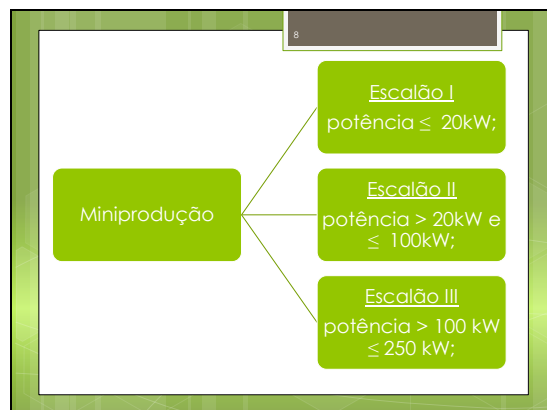
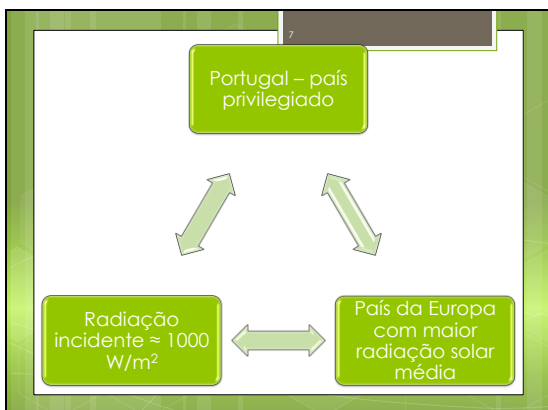
No final, os grupos deverão defender convictamente os seus sistemas. As defesas serão apresentadas em *ppt*, numa data ainda a definir, e deverão conter obrigatoriamente os pontos anteriores. No entanto, deixo ao vosso critério a ordem/sequência e poderão introduzir outras informações que considerem importantes para enriquecer o trabalho. Estas serão apresentadas em debate aos colegas e professores, mas posteriormente será feita uma secção aberta à comunidade escolar (outros professores, órgãos de direcção da escola, pais...) na qual estará, possivelmente, presente um representante de uma empresa da área (*RedeRia*).

Bom trabalho!

## Anexo 4: PowerPoint do projeto desenvolvidos pelos alunos, distribuídos em grupos de trabalho

### Anexo 4.1 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Amorfo

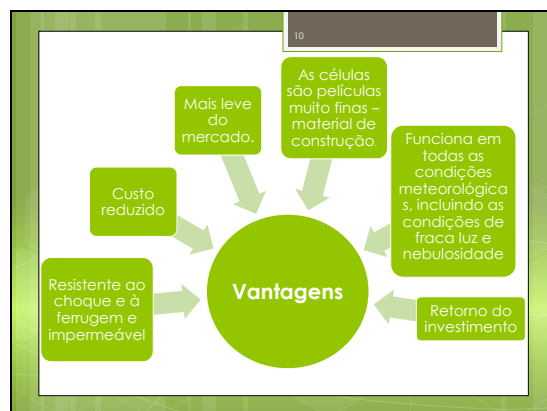




9

### Células fotovoltaicas de silício amorfo

Utilização no mercado	3,7%
Eficiência de Conversação	Rendimento mais reduzido (o rendimento típico é entre 6 e 7 e o rendimento máximo registado em laboratório é 12,7%).
Modo de Produção	Deposição de camadas finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal.



- 13
- ### Silício Amorfo
- Películas finas que permitem uma boa absorção da radiação solar incidente;
  - Material flexível com placas de cobertura;
  - Rolos de material de impermeabilização;
  - Transparente

- 14
- ### Conclusão
- Tem um custo reduzido
  - É o que recupera mais rápido o investimento (em menos anos)
  - A escola tem uma área suficiente para estes painéis tornando-os os mais adequados ■



16

## Porquê o escalão I ?

- Tarifa fixa de 0.25€ por um período de 15 anos;
- Os outros escalões (II e III) não têm tarifa fixa, por isso estão sujeitos a uma alteração dos preços ao longo dos anos.



17

## Características do módulo

Modelo	K 120 – V (amorfo)
Potência Nominal (Wp)	19200
Peso (kg)- unidade	27,5
Comprimento (m)- unidade	1,919
Largura (m)- unidade	0,99
Número de módulos	160
Preço (Wp)	1,81€
Área total (m²)	303,97



18

## Características do inversor

Modelo	SB 3300
Número de inversores	5
Potência de Pico	19,20 kWp
Coeficiente de	99
Potência nominal %	
Factor de eficiência (%)	94,6
Preço (unidade)	2.034,00€



19

## Características gerais

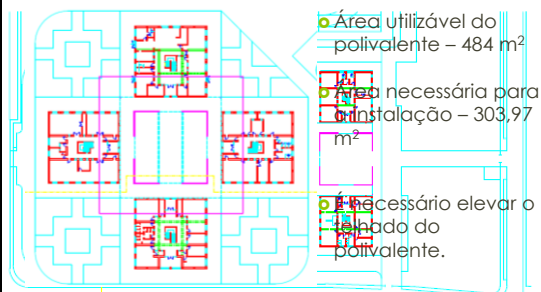
Custo do sistema com iva 13%	44.883,60 €
Rendimento anual (Kwh)	26804,5
Rendimento anual (€)	6.701,13 €
Anos a recuperar o investimento	7
Mão de obra	1.200€



20

## Local de aplicação dos painéis

- Telhado do polivalente
- Ângulo aproximadamente de 30°
- Orientação para sul



A área do polivalente é suficiente não sendo por isso necessário a utilização de outros locais.

## Anexo 4.2 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Monocristalino sem seguidor solar

 Escola Secundária com 3º C.E.B.  
Dr. Jaime Magalhães Lima

### Painéis Fotovoltaicos

Monocristalinos sem seguidor solar



1

### Miniprodução

- Produzir a sua própria energia e mais tarde vender à RESP (rede eléctrica de serviço público);
- Retorno do investimento através de um escalão de tarifa fixa;
- 

Escalão I	Escalão II	Escalão III
A potência de ligação $\leq 20\text{kW}$	A potência de ligação $20\text{kW} \leq 100\text{kW}$	A potência de ligação $100\text{kW} \leq 250\text{kW}$

- Escolhemos o escalão I visto que é o escalão que nos permite prever o retorno do investimento, pois apresenta uma taxa fixa (0,25 €/kWh) durante 15 anos.

2

### Requisitos para ser miniprodutor

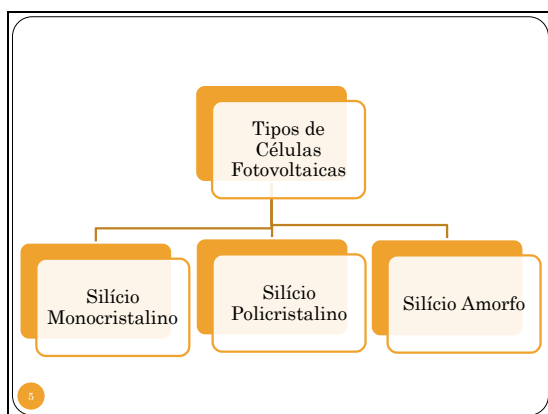
- O produtor necessita de ter um contrato de fornecimento de electricidade com consumos significativos;
- A potência da miniprodução não deve ser superior a 50% da potência contratada;
- A electricidade vendida está limitada a 2,6 MWh/ano;
- É necessário registar-se no Sistema de Registo de Miniprodução (SRMini);
- Deve obter um certificado de exploração.

3

### Como funciona uma célula fotovoltaica?

- A célula fotovoltaica converte a irradiação solar em energia eléctrica;
- É constituída por duas camadas de material semiconductor dopado por substâncias distintas (camada do tipo N e camada do tipo P);
- A camada do tipo N tem excesso de electrões enquanto que a camada do tipo P tem um défice de electrões provocando assim uma diferença de potencial entre as duas camadas;
- Ao incidir radiação solar na célula, os fotões chocam com os electrões, fornecendo-lhes energia;
- Devido ao campo magnético gerado na união de P-N, os electrões fluem da camada P para a N, gerando assim uma corrente eléctrica contínua.

4



### Monocristalino



6

## Características gerais

- Apresenta um rendimento elevado (24,7%), sendo por isso as mais eficientes;
- É constituída por materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita;
- Requer uma menor área de captação em relação às outras;
- Boa relação eficiência/custo;
- As técnicas utilizadas na sua reprodução são complexas;
- Apresenta uma utilização no mercado de cerca de 60%.

7

## Características do módulo

Modelo	IBC MonoSol 230 ET
Potência nominal (Wp)	19780
Comprimento (m) - unidade	1,66
Largura (m) - unidade	0,99
Número de Módulos	86
Preço (Wp)	2,37€
Área Total (m <sup>2</sup> )	141,33

8

## Características do inversor

Modelo	STP 10000 TL-10
Número de Inversores	2
Potência de Pico	19,78 kWp
Coefficiência de Potência Nominal %	103
Factor de Eficiência %	97,5
Preço (unidade)	3.955,00€

9

## Características do sistema

Custo do sistema com IVA a 13%	54.847,94 €*
Rendimento Anual (kWh)	28731,1
Rendimento Anual (€)	7.182,78 €
Anos a Recuperar o Investimento	8
Inclinação Ideal	Entre 25° e 30°
Orientação	Sul

10

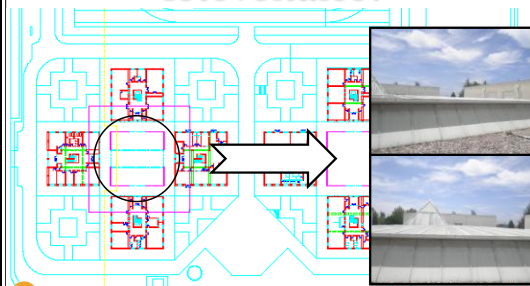
\*Mais cerca de 1500€ de mão de obra e outros

## Porquê um sistema monocristalino sem seguidor solar?

- É um sistema que não necessita de tanto investimento inicial, ficando então mais económico;
- Recupera o investimento inicial mais rapidamente do que um sistema com seguidor;
- Ao contrário dos sistemas com seguidor solar, os sistemas sem seguidor solar podem-se colocar no telhado e há aproveitamento de áreas mortas.

11

## Onde colocar o sistema fotovoltaico?



12

## Polivalente, porque:

- Apresenta uma área suficiente para colocar o sistema fotovoltaico no telhado (o sistema e o polivalente apresentam respectivamente, 141,33m<sup>2</sup> e 484m<sup>2</sup>);
- Encontra-se perto do único contador da escola, que fica na entrada dos funcionários e professores;
- No telhado não há barreiras/obstáculos que façam sombra.

13

## Também pensamos em:

- [http://www.youtube.com/watch?v=4WO6Mc-CXtQ&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=4WO6Mc-CXtQ&feature=player_embedded)

14

## 15

- 16



## 17

18



- XXXII

## Anexo 4.3 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Monocristalino com seguidor solar

 Escola Secundária com 3º C.E.B.  
Dr. Jaime Magalhães Lima

### Sistema Fotovoltaico de Silício Monocristalino com Seguidor Solar



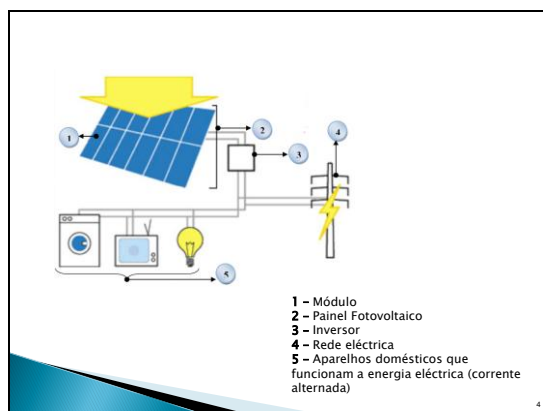
1

### Semelhanças entre a Miniprodução e a Microprodução

2

- ▶ Produção de energia eléctrica, recorrendo a fontes de energia renováveis
- ▶ Toda a energia produzida é vendida à rede eléctrica
- ▶ Tem de existir consumo de electricidade no local da instalação
- ▶ A potência da unidade fotovoltaica não pode exceder 50% da potência contratada, que na escola é 100 kW

3



### Diferenças entre a Miniprodução e a Microprodução

5

### Potência

- ▶ Microgeração - 5,75 kW
- ▶ Miniprodução

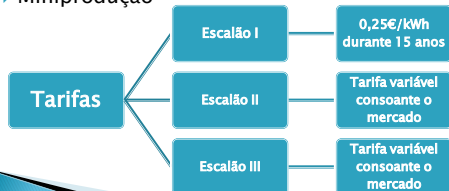
Escalão I	Escalão II	Escalão III
$\leq 20\text{kW}$	$> 20 \text{ e } \leq 100\text{kW}$	$> 100 \text{ e } \leq 250\text{kW}$

6

## Remuneração

- ▶ Microgeração – 0,40€/ kWh nos primeiros 8 anos e 0,24€/ kWh nos restantes 7 anos

- ▶ Miniprodução



7

## Fontes de Energia

- ▶ Miniprodução – o produtor pode recorrer apenas a uma fonte de energia
- ▶ Microprodução – o produtor pode recorrer a mais do que uma fonte de energia

8

## Vantagens de instalar um sistema de miniprodução

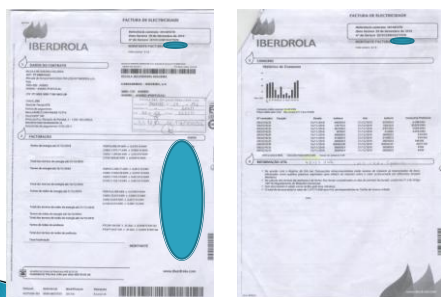
9

## Aspectos económicos

- ▶ A escola tem um consumo de energia eléctrica elevado (24.000 kWh / 2.400 € em média por mês), pelo que é necessário compensar estas despesas
- ▶ Recuperação do dinheiro investido após alguns anos, após os quais a escola passa apenas a ter lucro

10

## Factura de electricidade da escola



11

## Aspectos económicos

- ▶ Custos de manutenção reduzidos
- ▶ Tempo de vida útil elevado
- ▶ Alta fiabilidade

12

## Aspectos económicos

- ▶ Diminuição da dependência energética nacional
- ▶ Redução do pagamento de direitos de emissão de dióxido de carbono
- ▶ Estimulação do desenvolvimento da indústria na área das energias renováveis

13

## Aspectos geográficos

- ▶ A posição geográfica de Portugal permite-nos recorrer à energia solar como fonte de energia por excelência
- ▶ A intensidade da radiação em Portugal é aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup>
- ▶ Portugal é o país europeu com mais horas de exposição solar diárias

14

## Aspectos ecológicos

- ▶ Utilização de fontes de energia alternativas (“energia limpa”)
- ▶ Produção de energia eléctrica com diminuição da poluição
- ▶ Redução na emissão de gases com efeito de estufa

15

## Aspectos ecológicos

- ▶ Diminuição do recurso aos combustíveis fósseis
- ▶ Esta forma de produzir energia não origina cheiros nem ruídos

16

## Aspectos pedagógicos

- ▶ Sensibilização da comunidade escolar para os problemas ambientais
- ▶ Envolvimento do alunos na procura de soluções para os problemas ambientais

17

## Características do Sistema Fotovoltaico de Silício Monocristalino com Seguidor Solar

18

## Características do silício monocristalino

- ▶ Maior utilização no mercado (60%)
- ▶ Maior rendimento de entre as células de silício
  - O rendimento típico é entre 12 e 15%
  - O rendimento máximo registado em aplicações é 22,7%
  - O rendimento máximo registado em laboratório é 24,0%



19

## Características do módulo

- ▶ Fabricante – IBC
- ▶ Modelo – IBC MonoSol 230 ET
- ▶ Potência nominal – 19.780 Wp
- ▶ Comprimento – 1,66 m
- ▶ Largura – 0,99 m
- ▶ Número de módulos – 86
- ▶ Preço – 2,37 € por Wp

20

## Características do inversor

- ▶ Modelo – STP 10000 TL-10
- ▶ Número de inversores – 2
- ▶ Potência de pico – 19,78 kWp
- ▶ Rendimento – 97,8 %
- ▶ Preço – 3.955,00 € por unidade



21

## Características do seguidor solar

- ▶ Área – 28 m<sup>2</sup>
- ▶ Número de seguidores – 5
- ▶ Preço – 6.441,00 € por unidade



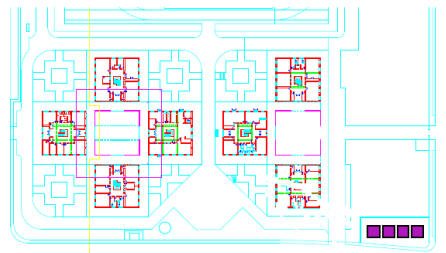
22

## Características do sistema fotovoltaico

- ▶ Custo – 87.359,44 € com IVA a 13%
- ▶ Área – 141,33 m<sup>2</sup>
- ▶ Rendimento anual – 38.865,4 kWh
- ▶ Rendimento anual – 9.716,35 €
- ▶ Anos a recuperar do investimento – 9

23

## Local de instalação



24

## Local de instalação

- ▶ O nosso sistema possui um seguidor solar, por isso não pode ser colocado no telhado
- ▶ O local escolhido possui uma boa exposição solar, pois não tem sombras, e está protegido de condições atmosféricas desfavoráveis (vento)
- ▶ O facto de estar no solo permite um fácil acesso por parte de professores, alunos e responsáveis por manutenção

25

## Vantagens do sistema de silício monocristalino com seguidor

26

## Vantagens do silício monocristalino

- ▶ Maior rendimento
- ▶ Boa relação qualidade/custo
- ▶ Menor área de captação para a mesma potência
- ▶ Maior tempo de vida útil

27

## Vantagens do seguidor

- ▶ O painel tem sempre uma orientação e inclinação que possibilitam um maior rendimento
- ▶ A manutenção é mais fácil pois o sistema fotovoltaico está mais acessível, uma vez que se encontra no solo
- ▶ Pode ser usado como material didáctico



## Vantagens do sistema de silício monocristalino com seguidor

- ▶ O rendimento anual é dos mais elevados (9.716,35 €)
- ▶ Quinze anos após a sua compra, é um dos sistemas com o qual se obtém maior lucro (58.298,10€)

29

## Aplicações dos painéis fotovoltaicos

30



- ▶ Calculadoras
- ▶ Produção de energia eléctrica em habitações e em indústrias
- ▶ Relógios solares
- ▶ Engenharia espacial (satélites)
- ▶ Sinalização (bóias marítimas, faróis, aeroportos, passagens de nível...)
- ▶ Alimentação de sistemas de telecomunicação (TV, rádio, telefone)

31



32

## Diferença entre inclinação e orientação

### ▶ Inclinação

Menor ângulo formado entre o painel fotovoltaico e a superfície em que este se encontra.

Quando não dispomos de um seguidor, a inclinação deve ser igual ao valor da latitude do local em que nos encontramos



33

## Diferença entre inclinação e orientação

### ▶ Orientação

Relaciona-se com a orientação do painel fotovoltaico relativamente aos pontos cardeais.

Quando não dispomos de um seguidor, a orientação, no hemisfério norte, deve ser para sul, pois é quando o sol se encontra a sul que a radiação solar está mais intensa.



## Anexo 4.4 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Policristalino sem seguidor solar



Escola Secundária Dr. Jaime Magalhães Lima  
Departamento de Ciências Físicas e Naturais - Área Disciplinar de Física e Química



**PAINÉIS FOTOVOLTAICOS  
SILÍCIO POLICRISTALINO SEM SEGUIDOR**

Física e Química A - 10º ano

1

<http://vimeo.com/5065921>


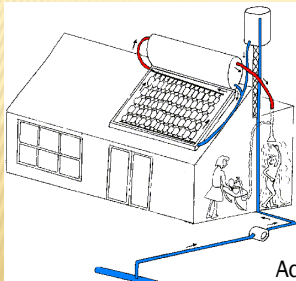
**VÍDEO, MINUTO VERDE**

2

**DISTINÇÕES IMPORTANTES**

3

**COLECTOR SOLAR**



Aquecimento de águas

4

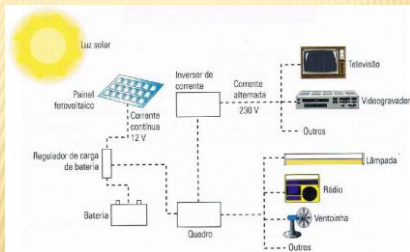
**PAINEL FOTOVOLTAICO**



Produção de energia eléctrica

5

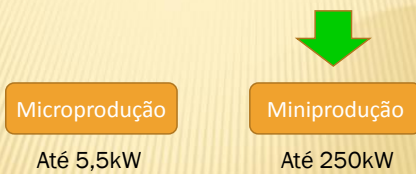
**SISTEMA AUTÓNOMO**



Porém, é inadequado à Escola!

6

## PRODUÇÃO COM VENDA À REDE PÚBLICA

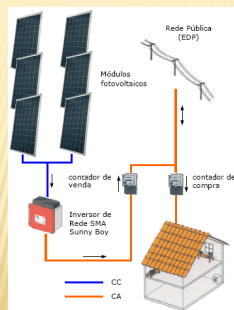


7

## MINIPRODUÇÃO/MINIGERAÇÃO

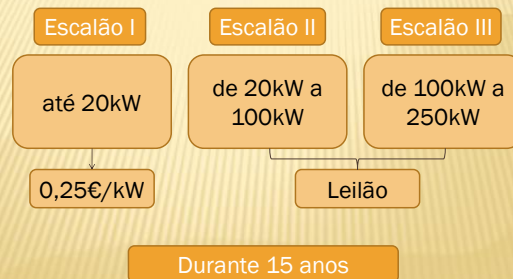
8

## MINIPRODUÇÃO/MINIGERAÇÃO



9

## MINIPRODUÇÃO/MINIGERAÇÃO



10

## MINIPRODUÇÃO/MINIGERAÇÃO

➡ Escalão I – até 20kW (0,25€ - 15anos)

- ✗ Menor produção
- ✓ Segurança Económica

11

## MINIPRODUÇÃO/MINIGERAÇÃO

- Toda a energia é vendida à RESP;
- É necessário um contrato de fornecimento de electricidade com consumos que sejam significativos.
- A potência da ligação não pode ser superior a 50% da potência contratada.

12



- 920 painéis
- Escalão III
- Investimento de 9 milhões de Euros (6,5 comparticipados pelo Governo)
- Amortiza 10% da factura eléctrica da UA.

13

## Características gerais PAINÉIS FOTOVOLTAICOS DE SILÍCIO

14

## SILÍCIO AMORFO

- Pequena utilização no mercado
- Custo reduzido
- Rendimento muito inferior
- Ocupa uma grande área
- Tempo de vida baixo



15

## SILÍCIO MONOCRISTALINO

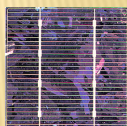
- Grande utilização no mercado
- Custo muito elevado
- Ocupa uma menor área
- Tempo de vida elevado
- Rendimento elevado
  - Aveiro como zona ventosa (↓ rendimento)



16

## SILÍCIO POLICRISTALINO

- É o segundo na utilização no mercado (30%)
- Custo intermédio
- Rendimento elevado
  - Em Aveiro é o mais elevado
- Menor área
- Tempo de vida elevado



17

## A NOSSA PROPOSTA

18

- ✗ Silício Policristalino
- ✗ Sem seguidor solar
- ✗ Azimute: 0°
- ✗ Inclinação: 30°



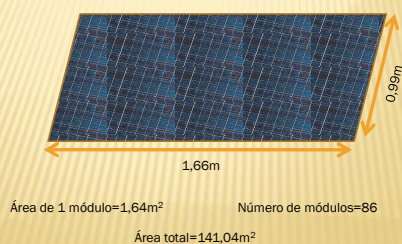
19

## SEM SEGUIDOR SOLAR

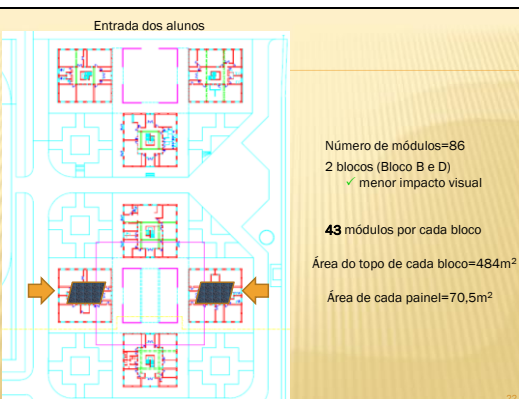
- ✓ A Escola não tem actualmente dinheiro para fazer um investimento tão grande.
- ✓ Há uma recuperação do investimento inicial mais rápida.
- ✓ No fim um sistema com seguidor (policristalino) obtém apenas mais 730€.

20

## MÓDULO FOTOVOLTAICO



21



22



## LOCALIZAÇÃO DOS PAINÉIS

- A distribuição dos painéis por 2 blocos reduz o impacto visual;
- Proximidade ao contador da escola, localizado no bloco A;
- Não há possibilidade de serem danificados pelos alunos;
- Não é afectada por zonas de sombra.

23

## INVERSOR

Permite transformar a corrente contínua em alternada



- STP 10000 TL-10
- 2 inversores
- Factor de eficiência = 97,5%

24

## INVESTIMENTOS E LUCROS

25

## CUSTO DOS MÓDULOS

86 módulos

44.703€

26

## CUSTO DOS INVERSORES

2 inversores  
(3.955,0€/cada)

7.910€

27

## INVESTIMENTO INICIAL TOTAL

86 módulos + 2 inversores

52.613€ (\*)

(\*) Este preço é acrescido de 1500€, valor que corresponde a custos de montagem do sistema.

28

## RENDIMENTO ANUAL

28871 kWh

7.217,75€

29

## RETORNO DO INVESTIMENTO

52.613€

Custo do sistema

+

7.217,75€

Rendimento anual

=

7 anos

Ou seja, restam-nos 8 anos de lucro.

30

## LUCRO TOTAL

7.217,75€

Rendimento anual

×

8 anos

Anos de lucro

=

57.742€

Este sistema permite-nos recuperar o investimento inicial e receber 57.742€ nos restantes anos de funcionamento do painel no sistema de minigeração.

31

## LUCROS

Este valor permite ajudar a reduzir as despesas da escola.

Após os 15 anos, a energia produzida será vendida ao mesmo preço que é comprada, assim parte da energia é obtida “gratuitamente”.

32

## VANTAGEM DE UM SISTEMA DE MINIPRODUÇÃO

33

- Portugal é um país com grande número de horas solares por dia.
- É uma fonte de energia limpa. Produz-se electricidade sem nenhuma reacção de combustão, evitando a emissão de CO<sub>2</sub>, responsável pelo efeito de estufa.
- É uma fonte de energia renovável.
- É silenciosa.
- Não altera esteticamente a paisagem.
- A manutenção do sistema é mínima.

34

- Reduz os gastos energéticos da escola.
- Promove a educação de pais, alunos e pessoal docente para a redução da nossa pegada ecológica.
- Contribui para a diminuição da dependência de energia do estrangeiro e da energia resultante de fontes não renováveis.
- Este tipo de energia está-se a tornar num investimento mais viável.

35

## Anexo 4.5 – Apresentação do grupo com sistema FV com células FV de Silício Policristalino com seguidor solar

### Miniprodução na Escola Secundária Jaime Magalhães Lima



10.º D Física e Química A

### Introdução

- No âmbito da disciplina de Física e Química A fomos desafiados a elaborar um trabalho relacionado com painéis fotovoltaicos.

O trabalho consiste em propor sistemas de miniprodução fotovoltaica para a Escola Secundária Jaime Magalhães Lima.

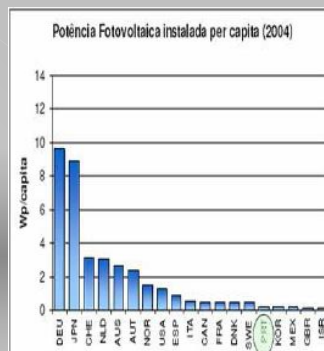
### Curiosidades

Portugal – país privilegiado

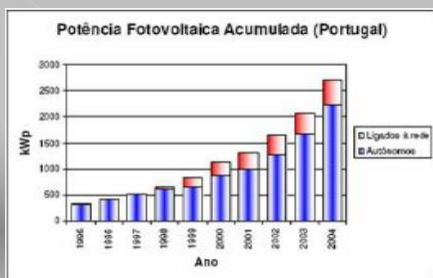
Radiação incidente  $\approx 1000 \text{ W/m}^2$

País da Europa com maior radiação solar média

### Curiosidades



### Curiosidades



### Miniprodução

### Miniprodução – O que é necessário para se ser um miniprodutor?

- Ter um contrato com um fornecedor de electricidade com consumos elevados;
- A unidade da miniprodução tem de se basear num único sistema de produção;
- A unidade do sistema de miniprodução tem de ser instalado no local de consumo;
- Consumir nesse local uma quantidade de electricidade igual ou superior a 50% da electricidade que pretende produzir.

7

### Miniprodução – Quais as vantagens?

#### Aspectos económicos

- **Custos de manutenção reduzidos**
- **Tempo de vida útil elevado**
- **Alta fiabilidade**

8

### Aspectos económicos

- Diminuição da dependência energética nacional
- Redução do pagamento de direitos de emissão de dióxido de carbono
- Estimulação do desenvolvimento da indústria na área das energias renováveis

9

### Aspectos geográficos

- A posição geográfica de Portugal permite-nos recorrer à energia solar como fonte de energia por excelência
- A intensidade da radiação em Portugal é aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup>
- Portugal é o país europeu com mais horas de exposição solar diárias

10

### Aspectos ecológicos

- Utilização de fontes de energia alternativas ("energia limpa")
- Produção de energia eléctrica com diminuição da poluição
- Redução na emissão de gases com efeito de estufa

11

### Aspectos ecológicos

- Diminuição do recurso aos combustíveis fósseis
- Esta forma de produzir energia não origina cheiros nem ruídos

12

### Aspectos pedagógicos

- Sensibilização da comunidade escolar para os problemas ambientais
- Envolvimento dos alunos na procura de soluções para os problemas ambientais

13

### Miniprodução

Foram criados três escalões consoante a potência instalada:

- 1º Escalão (vende-se até 20 kW)
- 2º Escalão (vende-se entre 20 e 100 kW)
- 3º Escalão (vende-se entre 100 e 250 kW)

14

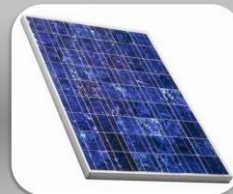


## Miniprodução

- No caso particular da nossa escola vamos optar pelo 1º escalão, pois durante um período de 15 anos, a escola irá vender 20 kWh de energia eléctrica, por uma tarifa fixa de 25 céntimos, enquanto que nos outros dois escalões, a sua venda seria leiloadada, e por isso o preço por vezes seria muito baixo, logo não seria tão rentável.

15

## Painel Fotovoltáico de Silício Policristalino



16

## Utilização deste tipo de células fotovoltaicas

- Os painéis fotovoltaicos de silício policristalino com seguidor são utilizados por exemplo em Centrais eléctricas tal como a Central Solar Fotovoltáica de Amareleja.



17

## Características do módulo

- A frente é de vidro temperado.
- A parte de baixo é de ferro.
- As células estão contidas entre capas de material plástico.
- A parte posterior é formada por um polímero de capas múltiplas de alta resistência à acção mecânica.



18

## Descrição do sistema (Composição)

- O sistema que escolhemos para colocar na nossa escola é composto por:
- Vários painéis solares de silício policristalino, composto por oitenta e seis módulos.
- Cinco seguidores solares (regulam a inclinação e a orientação, em função do sol).
- Dois inversores de corrente eléctrica.



19

## Características seguidor solar

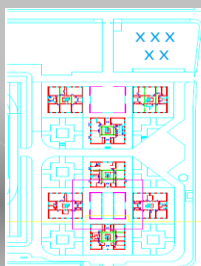
- O seguidor solar tem um sistema de optimização que permite optimizar o rendimento do painel.
- As células tem uma temperatura óptima para o seu funcionamento. O seguidor solar é fundamental para um bom funcionamento do painel.
- Se a inclinação estiver disposta para receber a maior radiação, a temperatura das células aumenta e leva à perda de rendimento. O seguidor ajuda a encontrar a posição ideal para que tal não aconteça.



20

## Local escolhido

- O local escolhido para colocar os painéis solares foi a relva que se encontra ao pé da entrada dos alunos do lado oposto do pavilhão.



21

## Razões da escolha do local

- É longe do pavilhão gimnodesportivo e dos campos exteriores existentes na escola.
- É uma zona que está todo o dia exposta à radiação solar e que nunca se encontra à sombra.

## Condicionantes ao acesso local

- O painel terá que ter uma vedação que previna quaisquer danos que possam ocorrer.

22

## Vantagens

- É uma fonte de energia alternativa (energia renovável).
- Tem elevada eficiência.
- Apesar de um custo elevado, ao fim de 9 anos será aquele que vai ter um rendimento superior.
- Pode servir de objecto educativo.
- Aquecimento nas salas de aula.

23

## Custo do sistema

• Custo Wp de cada célula  
2,26 €

• Custo de cada inversor  
3.955 €

• Custo de cada seguidor  
6.441 €

• Custo total do sistema  
85.124,30 €

• Rendimento anual  
9.745,43 €

Segundo estes dados, ao fim de 9 anos, todo o investimento seria recuperado

Apartir dessa data, o dinheiro que se vai ganhar por ano vai ser muito elevado e que em seguida poderia ser usado para se fazer obras na escola.

24

## Trabalho realizado por

- CS
- CF
- DF
- JP
- TS
- (Foto dos 5 elementos do grupo)

25

## Anexo 5: PowerPoint de apresentação do projeto de Miniprodução FV na ESJML à Comunidade Escolar

 Escola Secundária Dr. Jaime Magalhães Lima  
Departamento de Ciências Físicas e Naturais - Área Disciplinar de Física e Química



**MINIPRODUÇÃO NA ESCOLA**

Física e Química A - 10º ano

Projecto da turma 

1

### INTRODUÇÃO

No âmbito da disciplina de Física e Química A foi lançado o desafio de elaborar um projecto relacionado com painéis fotovoltaicos.

O trabalho consiste em propor diferentes sistemas de miniprodução fotovoltaica para a Escola Secundária Jaime Magalhães Lima.

2



**COMO REDUZIR AS DESPESAS DA ESCOLA?**

3

Minuto Verde - <http://vimeo.com/5065921>

**PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NOS MEDIA...**

4

**NOS EUA...**

5

### WILLIS TOWER - CHICAGO



O arranha-céu mais alto da América gera a sua própria energia.



6

MAS EM AVEIRO...

7



- 920 painéis
- Escala III
- Investimento de 9 milhões de Euros (6,5 comparticipados pelo Governo)

8

## MOCHILAS GERAM ENERGIA

Utilização dos painéis fotovoltaicos

9

## POTÊNCIA ATÉ 4WATTS

Uma hora exposto ao sol permite usar durante 3h o iPod ou 1,5h de conversa ao telemóvel.



10

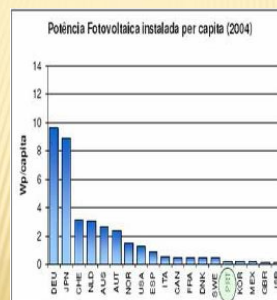
## POTÊNCIA ATÉ 15WATTS

Uma exposição de 5h directas ao sol permite a utilização do portátil durante 2h a 4h.



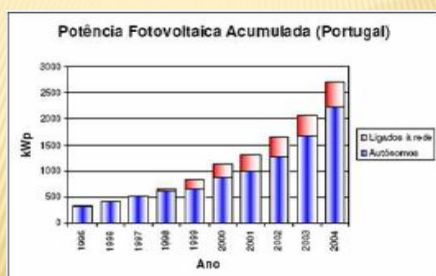
11

## PORTUGAL EM GRÁFICO



12

## PORTUGAL EM GRÁFICO



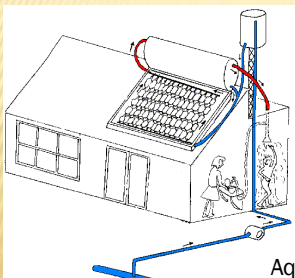
13

## DISTINÇÕES IMPORTANTES

14



## COLECTOR SOLAR



Aquecimento de águas

15

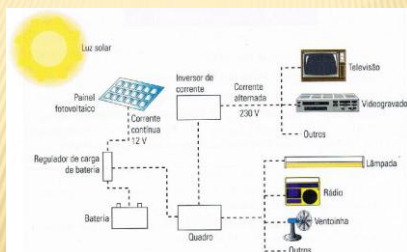
## PAINEL FOTOVOLTAICO



Produção de energia eléctrica

16

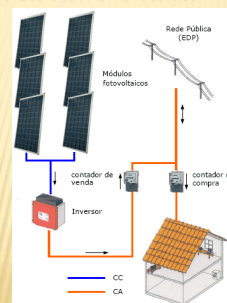
## SISTEMA AUTÓNOMO



Porém, é inadequado à Escola!

17

## VENDA DE ENERGIA À REDE

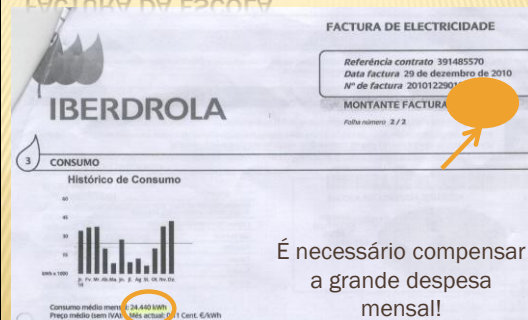


18

## VENDER ENERGIA À REDE – PORQUÊ?

19

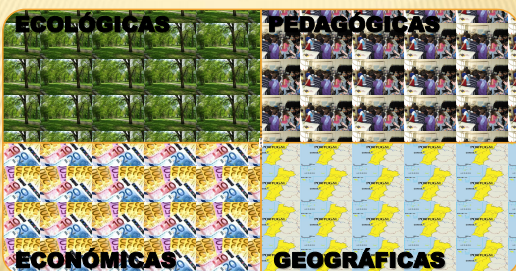
## FACTURA DA ESCOLA



É necessário compensar a grande despesa mensal!

20

## VANTAGENS



21

## VANTAGENS ECONÓMICAS

- Após a recuperação do investimento, a Escola passa a obter lucro.

22

## VANTAGENS ECONÓMICAS

### Alta fiabilidade

- Manutenção pouco frequente
- Tempo de vida útil elevado



23

## VANTAGENS ECONÓMICAS



Diminuição da dependência energética nacional



Redução do pagamento de direitos de emissão de dióxido de carbono

24

## VANTAGENS ECONÓMICAS

- Estimulação do desenvolvimento da indústria na área das energias renováveis
  - Em 2008, 0,3% da energia renovável produzida em Portugal era de origem fotovoltaica.

25

## VANTAGENS GEOGRÁFICAS



26

## VANTAGENS ECOLÓGICAS

- Utilização de fontes de alternativas energia ("energia limpa")
- Não contribui para o aumento da poluição
- Redução da emissão de gases com efeito de estufa



27

## VANTAGENS ECOLÓGICAS

- Diminuição do recurso aos combustíveis fósseis



- Não origina cheiros nem ruídos

28

## VANTAGENS PEDAGÓGICAS

- Sensibilização da comunidade escolar para os problemas ambientais



- Envolvimento do alunos na procura de soluções para os problemas ambientais



29



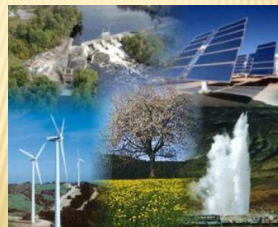
30

## MINIPRODUÇÃO

31

## CARACTERÍSTICAS

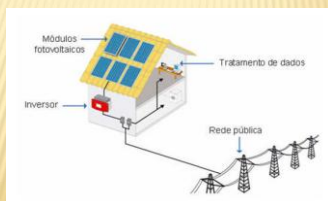
Produção de energia eléctrica, recorrendo a fontes de energia renováveis.



32

## CARACTERÍSTICAS

Toda a energia produzida é vendida à rede.



33

## CARACTERÍSTICAS

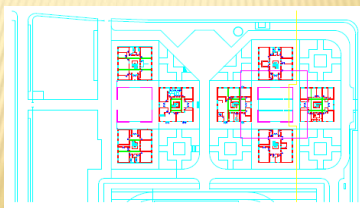
Ter um contrato com um fornecedor de electricidade com consumos elevados;



34

## CARACTERÍSTICAS

A unidade da miniprodução baseia-se num único sistema de produção, instalado no local de consumo;



35

## CARACTERÍSTICAS

A potência da unidade fotovoltaica não pode exceder 50% da potência contratada.



O caso da Escola:

Potencia contratada: 100kW

Logo, a Escola não poderia instalar uma unidade fotovoltaica com uma potência de 60kW.

36

## POTÊNCIA

✗ Microgeração – 5,75 kW

✓ Miniprodução



37

## REMUNERAÇÃO



38



## MINIPRODUÇÃO – O ESCALÃO ESCOLHIDO

📈 Escalão I – até 20kW (0,25€ - 15anos)

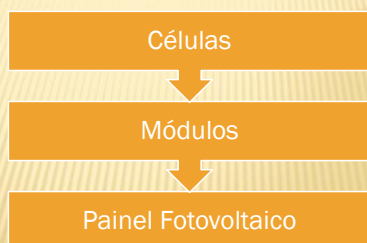
- ✗ Menor produção
- ✓ Segurança Económica

39

## EFEITO FOTOVOLTAICO

40

## COMO É CONSTITUÍDO UM PAINEL FOTOVOLTAICO?



41

## O QUE É UMA CORRENTE ELÉCTRICA?

Uma corrente eléctrica é um movimento ordenado de electrões.

42

## O QUE OCORRE NAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS?

As células fotovoltaicas convertem a energia luminosa em energia eléctrica.  
Quando a luz incide na célula, fornece energia aos electrões e provoca o seu movimento: corrente eléctrica.

43

## DE QUE TIPO É A CORRENTE ELÉCTRICA PRODUZIDA?



É necessário um inversor para converter a corrente eléctrica contínua em alternada antes de a lançar na rede.

44

## PORQUE É QUE SÃO ADICIONADAS IMPUREZAS AO SILÍCIO?

Uma célula de silício é constituída por duas camadas: a camada tipo p e a camada tipo n.  
São adicionadas impurezas que fazem com que existam mais electrões na camada tipo n do que na camada tipo p.

45

## PORQUE É QUE SÃO ADICIONADAS IMPUREZAS AO SILÍCIO?

Se não fossem adicionadas impurezas ao silício, existiria a mesma quantidade de electrões nas duas camadas.  
Os electrões movem-se ordenadamente da camada tipo n para a camada tipo p.

46



## O QUE É A JUNÇÃO P-N?

A junção p-n separa a camada tipo n da camada tipo p.  
Faz com que os electrões se movam apenas num sentido.




47

Células Fotovoltaicas

SILÍCIO

48

## CÉLULAS DE SILÍCIO COMERCIALIZADAS

Células fotovoltaicas		Utilização no mercado	Rendimento	Custo (Wp)
	Amorfo	3,7%	6%-7%	1,81€
	Monocristalino	60%	12%-15%	2,37 €
	Policristalino	30%	11%-14%	2,26 €

49



AS NOSSAS PROPOSTAS

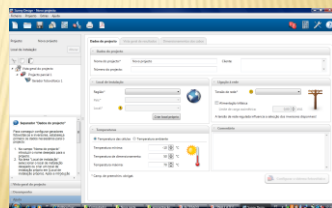
50

## PROGRAMA

Programa: **SunnyDesign**

Permite obter alguns dos dados, como:

- ✕ Eficiência
- ✕ Modelos
- ✕ Áreas



51

Silício

AMORFO

52



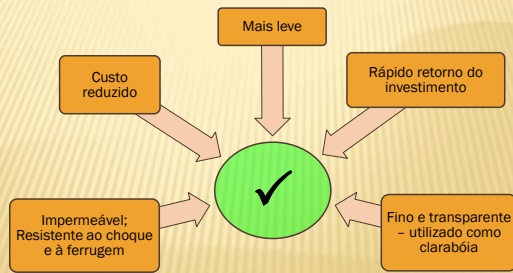
53

## VANTAGENS



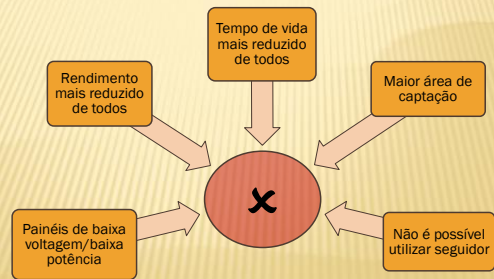
54

## VANTAGENS



55

## INCONVENIENTES



56

## CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Modelo do módulo	K 120 - V (amorfo)
Número de módulos	160
Preço (Wp)	1,81 €
Área total (m <sup>2</sup> )	303,97 m <sup>2</sup>
Modelo do inversor	SB 3300
Número de inversores	5
Preço inversor (unidade)	2.034,00€
Rendimento anual (kWh)	26804,5 kWh
Rendimento anual (€)	6.701,13 €
Lucro após 15 anos (€)	53.609,04 €
Anos a recuperar o investimento	7
Custo do sistema com iva 13%	44.883,60 €

57

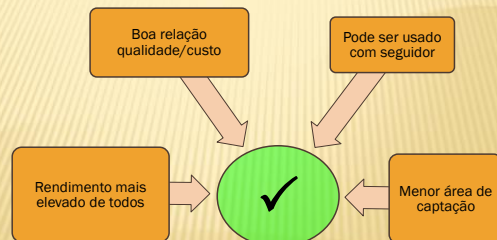
Silício  
**MONOCRISTALINO**

58



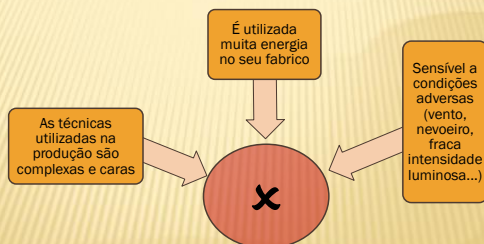
59

## VANTAGENS



60

## INCONVENIENTES

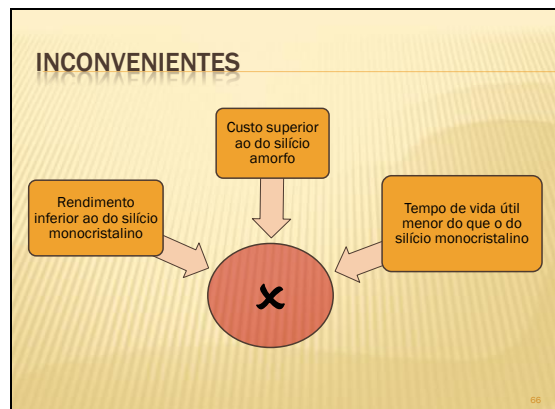
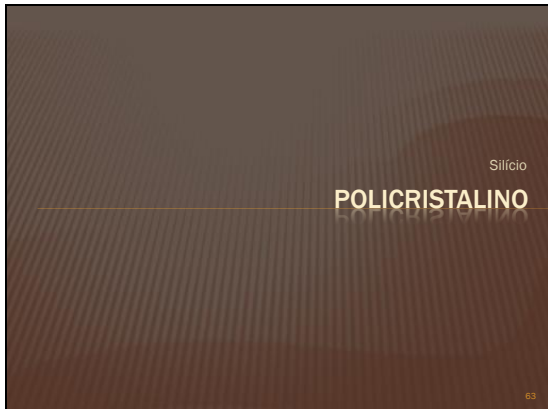


61

## CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Modelo do módulo	IBC MonoSol 230 ET
Número de módulos	86
Preço (por Wp)	2,37 €
Área total (m <sup>2</sup> )	141,33 m <sup>2</sup>
Modelo do inversor	STP 10000 TL-10
Número de inversores	2
Preço inversor (unidade)	3.955 €
Rendimento anual (kWh)	28731,1 kWh
Rendimento anual (€)	7.182,78 €
Lucro após 15 anos	50.279,46 €
Anos a recuperar o investimento	8
Custo do sistema com iva 13%	54.847,94 €

62



### CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Modelo do módulo	IBC PolySol 230 TE
Número de módulos	86
Preço (Wp)	2,26 €
Área total (m <sup>2</sup> )	141,33 m <sup>2</sup>
Modelo do inversor	STP 10000 TL-10
Número de inversores	2
Preço inversor (unidade)	3.955 €
Rendimento anual (kWh)	28871 kWh
Rendimento anual (€)	7.217,75 €
Lucro após 15 anos (€)	57.742,00 €
Anos a recuperar o investimento	7
Custo do sistema com IVA a 13%	52.612,80 €

67



### SEGUIDOR SOLAR – O QUE É?

- ✗ O seguidor solar permite alterar a orientação e a inclinação do painel fotovoltaico.

69

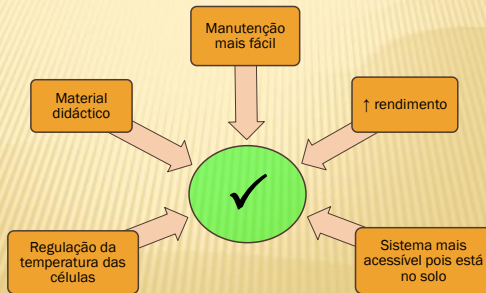
### SEGUIDOR SOLAR – O QUE É?

- ✗ O painel está sempre na posição com a qual obtém um maior rendimento
- ✗ A posição ideal pode não ser aquela em que o painel recebe mais radiação, pois poderia aumentar demasiado a sua temperatura

70

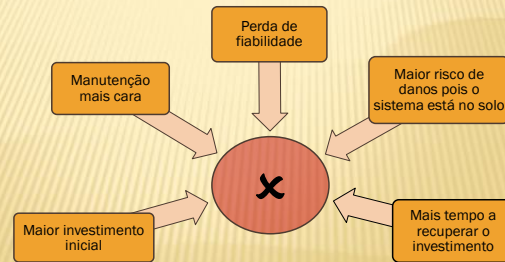


## VANTAGENS



71

## INCONVENIENTES



72

### CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA – SILÍCIO MONOCRISTALINO

#### Monocristalino sem seguidor

Lucro final	50.279,46 €
-------------	-------------

#### Monocristalino sem seguidor

Rendimento anual (kWh)	38865,4 kWh
Rendimento anual (€)	9.716,35 €
Lucro final (€)	58.298,10 €
Anos a recuperar o investimento	9
Custo do sistema com IVA a 13%	87.359,44 €

73

### CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA – SILÍCIO POLICRISTALINO

#### Policristalino sem seguidor

Lucro final	57.742,00 €
-------------	-------------

#### Policristalino sem seguidor

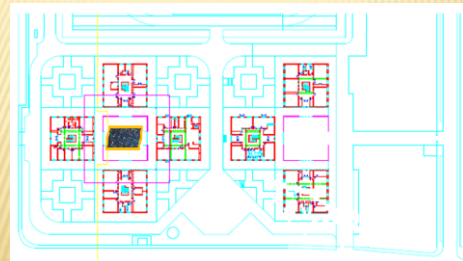
Rendimento anual (kWh)	38981,7 kWh
Rendimento anual (€)	9.745,43 €
Lucro final (€)	58.472,58 €
Anos a recuperar o investimento	9
Custo do sistema com IVA a 13%	85.124,30 €

74

## LOCAL DE INSTALAÇÃO

75

## AMORFO E MONOCRISTALINO SEM SEGUIDOR



76

## PORQUÊ NO POLIVALENTE?

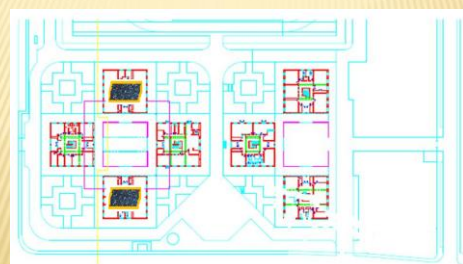
- Tem área suficiente
- Proximidade do contador (bloco A)



Seria necessário elevar o telhado para evitar sombras

77

## SILÍCIO POLICRISTALINO SEM SEGUIDOR



78

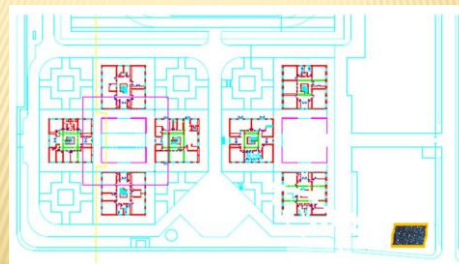
## PORQUÊ NOS BLOCOS?

- A distribuição por 2 blocos reduz o impacto visual
- Proximidade do contador da escola (bloco A)
- Não poderá ser danificado por alunos
- Não há sombras



79

## MONO E POLICRISTALINO COM SEGUIDOR



80

## PORQUÊ NA RELVA?

- Protegido de condições adversas (vento), ao contrário do telhado
- Distante do campo de futebol



81

## PORQUÊ NA RELVA?

- Boa exposição solar
- Fácil acesso por professores, alunos e responsáveis pela manutenção

Seria necessário construir uma vedação para protecção

82

## CONCLUSÃO

83

## DISCUSSÃO

Características	Área necessária (m <sup>2</sup> )	Rendimento anual (€)	Custo do investimento (€)	Anos a recuperar o investimento
<b>Sistemas</b>				
Silício Monocristalino com seguidor	141,33	9.716,35 €	87.359,44 €	9
Silício Monocristalino	141,33	7.182,78 €	54.847,94 €	8
Silício Policristalino com seguidor	141,33	9.745,43 €	85.124,30 €	9
Silício Policristalino	141,33	7.217,75 €	52.612,80 €	7
Silício Amorfo	303,97	6.701,13 €	44.883,60 €	7

84

## Anexo 6: Teste de conhecimentos

### **Estudo sobre Microgeração Fotovoltaica**

#### **Identificação**

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

#### **1ª. Fase**

Apresentamos-te na seguinte tabela alguns conceitos/termos que servirão de base para um estudo sobre microgeração Fotovoltaica. Pedimos-te que assinales com um X, na coluna que indica o dia em que estás, qual o teu grau de conhecimentos relativo aos conceitos/termos da primeira coluna.

	05/04/2011		___/05/2011		___/06/2010	
Conceitos/termos	Conheço	Não conheço	Conheço	Não conheço	Conheço	Não conheço
Células Fotovoltaicas			X	X		
Efeito fotovoltaico			X	X		
Painéis fotovoltaicos			X	X		
Silício dopado			X	X		
Energia Solar directa			X	X		
Energia Solar difusa			X	X		
Energia Eléctrica			X	X		
Células de silício monocristalino			X	X		
Células de silício policristalino			X	X		
Células de silício amorfo			X	X		
Inversores de corrente DC para AC			X	X		
Contador de electricidade			X	X		
Sistema de regulação (seguidor solar)			X	X		
Orientação solar			X	X		
Inclinação			X	X		
Sistema fotovoltaico			X	X		

Microgeração			X	X		
Sistema de Microgeração Fotovoltaica			x	X		
Custo (sistema fotovoltaico)			X	X		
Eficiência/rendimento			x	X		
Impacto económico			X	X		
Impacto ambiental			x	X		

## **2ª. Fase**

Nesta segunda fase, pedimos-te que crie um mapa dos conceitos/termos que assinalaste na primeira fase.

## Anexo 7: Resultado dos mapas conceptuais



### Resultado dos mapas conceituais

Aluno	Idade	Gênero	05-04-2011				17-06-2011				Apreciação global
			nº de conceitos que integrou no mapa	Organização hierárquica	Diferenciação progressiva	Reconciliação integrativa	nº de conceitos que integrou no mapa	Organização hierárquica	Diferenciação progressiva	Reconciliação integrativa	
1	15	F	14	Ausente	Sistema fotovoltaico como termo chave, com sete ligações - subsunçor	Incorporou duas ramificações no conceito subsunçor	29- Ligações em série; ligações em paralelo; Miniprodução, miniprodutor, microprodutor; baterias; sistema autónomo	Painéis fotovoltaicos como termo subsunçor. Três hierarquias subseqüentes do subsunçor	Apresenta três grupos com visível diferenciação - sistemas fotovoltaicos, células Fotovoltaicas e sistemas de regulação	Observa-se reconciliação em duas ramificações	Mapa muito bem organizado. Presença de exemplos e características que mostram amadurecimento dos conceitos. Poderiam ser revistas e criadas ligações entre as hierarquias.
2	16	F	13	Presente	Painéis FV como conceito chave, com apenas uma ligação	Apresenta uma ligação entre dois conceitos pouco inclusivos, localizados em lados opostos da estrutura hierárquica	21- Faltou o silício dopado	Painel fotovoltaico como termos subsunçor. Três hierarquias subseqüente	Apresenta dois grupos com visível diferenciação - sistemas fotovoltaicos e células Fotovoltaicas	Observa-se reconciliação em duas ramificações	Observa-se claramente uma evolução na construção dos mapas. O primeiro mapa apresentava uma estrutura vertical e faltavam palavras de ligação entre conceitos. No segundo mapa, além de estarem presentes a maioria dos conceitos, existem exemplos e relações entre conceitos (relação entre o tipo de células, a sua eficiência de conversão e os custos). Existem poucas ligações representativas de reconciliação integrativa.

3	15	M	14	Presente	Painel fotovoltaico como conceito chave.	Ausente	16 - Falta silício dopado, Microgeração, sistema de regulação, custo, impacto económico, impacto ambiental e sistema fotovoltaico	Painel fotovoltaico como termos subsunçor. Quatro ligações subsequentes	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Apresenta ligações cruzadas entre duas ligações principais, mas sem verdadeira reconciliação integrativa.	No primeiro mapa conceptual apresenta ligações sem palavras de ligação e a sequência está errada. No segundo mapa observa-se evolução, porém apresenta uma ligação errada (O <u>efeito fotovoltaico</u> permite transformar a <u>energia solar direta</u> em <u>energia solar difusa</u> ). Presença de exemplos (inclinação de 30° e orientação para sul).
4	15	F	11	Ausente	Células Fotovoltaicas como conceito chave, mas sem diferenciação de conceitos	Ausente	24- latitude e longitude	Células Fotovoltaicas como conceito sunbsunçor. Três hierarquias subsequentes	Visível diferenciação progressiva células Fotovoltaicas e sistema fotovoltaico	Não apresenta nenhuma ligação representativa de uma reconciliação integrativa.	No primeiro mapa conceptual apresenta ligações erradas (energia solar direta vai provocar efeito fotovoltaico; a orientação solar vai afetar a inclinação). No segundo mapa não conseguiu reintegrar os conceitos das diferentes hierarquias. Utilizou exemplos (a inclinação depende da latitude; para o HN a ideal é 30°). Apresenta-se de modo geral bem organizado e associações criativas ( <u>Custo do sistema fotovoltaico</u> pode ser recuperado através da <u>Microprodução</u> ).
5	15	F	12	Ausente	Energia solar direta como conceito	Ausente	22	Painel fotovoltaico como	Diferenciação progressiva ao nível do	Apenas uma ligação representativa	No primeiro mapa conceptual os conceitos dispunham-se de modo

					chave, mas sem diferenciação progressiva.			conceito subsunçor. Três hierarquias subsequentes.	conceito de células Fotovoltaicas e sistema fotovoltaico.	de reconciliação integrativa.	vertical e sem relações relevantes. No segundo observa-se a utilização de exemplos ( <u>Inclinação e orientação solar</u> ). Apresenta boa organização mas pobre em ligações.
6	15	F	13	Ausente	Sistema fotovoltaico como termo chave, com três ligações - subsunçor	Ausente	22- Seguidor e Módulo	Efeito fotovoltaico como conceito subsunçor. Sem organização hierárquica.	Diferenciação progressiva ao nível do conceito efeito fotovoltaico.	Ligações cruzadas representativas de compreensão global dos conceitos.	O primeiro mapa conceptual foi a base do segundo mapa. Foram acrescentados conceitos e ligações, foi enriquecido. Ausência de exemplos.
7	16	F	10	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	19- Ausência de silício dopado, Microgeração e sistema de regulação. Acrescentou Módulo	Sem organização hierárquica	Não se encontra nenhum conceito que se possa considerar como subsunçor.	Prevalência de relações entre muitos conceitos. Muitas ligações cruzadas	Primeiro mapa conceptual sem organização e sem palavras de ligação. No segundo mapa sobressaem as imensas ligações e relações entre conceitos. Mostra uma abordagem dinâmica do tema.
8	15	M	13 da lista + clima	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	22	Sem organização hierárquica	Não se encontra nenhum conceito que se possa considerar como subsunçor.	Muitas ligações cruzadas mas sem reconciliação entre os pequenos grupos de conceitos.	No primeiro mapa não existiam conectores (palavras de ligação) e apresentava uma estrutura vertical. No segundo mapa abundavam as palavras de ligação que justificaram todas as ligações entre os conceitos. Não há uma aparente reconciliação integrativa e repete conceitos -poderia efetuar mais ligações ao invés da repetição.

9	15	M	7	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	18 - Ausência de silício dopado, impacto económico e inversor de corrente e sistema de regulação	Sem organização hierárquica	Painéis fotovoltaicos como conceito subsunçor.	Uma ligação cruzada que liga dois grupos de conceitos	No primeiro mapa estão presentes conceitos dispostos verticalmente que, pela falta de conectores não se conseguem compreender as associações efetuadas. No segundo mapa poder-se-iam ter efetuado mais ligações cruzadas e utilizado palavras de ligação mais adequadas. Presença de exemplos (inclinação óima de 30° e orientação para sul).
10	16	F	14	Alguma organização hierárquica ao nível dos constituintes dos painéis fotovoltaicos	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	22	Sistema fotovoltaico como conceito subsunçor e a ramificação para painéis fotovoltaicos permite a inclusão dos restantes conceitos.	Painéis fotovoltaicos permitem desenvolver todo o raciocínio.	Sem reconciliação integrativa	Ambos os mapas apresentam uma organização vertical e usam o mesmo conceito para organizar os seguintes. Apresentam boa organização de ideias e estão bem estruturados. A evolução observa-se ao nível de conceitos que integram o mapa e o recurso a exemplos (inclinação de 30° e orientação para sul)
11	15	M	15	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	20 - Ausência de silício dopado, custo e Microgeração	Painel fotovoltaico como termo subsunçor e que permite a elaboração de dois grupos de conceitos.	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Sem reconciliação integrativa	Ambos os mapas são pobres quer em conteúdo quer ao nível da exposição das ideias. Apresenta uma fraca organização e há palavras que não se compreendem algumas ligações carecem de conectores, daí não se entender se algumas associações estão corretas.

12	16	F	14 da lista + bateria	Ausente	Sem qualquer diferenciação	Ausente	24 - Lucro e Rede pública	Efeito fotovoltaico como conceito subunçor. Sem organização hierárquica.	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Apesar de apresentar uma estrutura vertical as ramificações ligam-se	O primeiro mapa era semelhante a um esboço/planificação de estudo - ausência de ligações, recurso a chavetas para agrupar ideias e texto. No segundo mapa apesar de se observar um aumento de conceitos, faltam algumas palavras de ligação que ajudam a compreender as associações efetuadas. Reflete uma integração de ideias, apesar de não ser justificada (ausência de conectores). Poderá ser indicativo de alguma dificuldade na definição de conceitos - sistema fotovoltaico.
13	15	M	6	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	11 - Falta efeito fotovoltaico, silício dopado, energia solar direta, energia solar difusa, energia elétrica, sistema de regulação, orientação solar, inclinação, Microgeração, Custo, eficiência/rendimento, impacto económico e impacto ambiental	Painel fotovoltaico como conceito subunçor.	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Sem reconciliação integrativa	O primeiro mapa conceptual não possuía conectores a justificarem as relações entre os conceitos. No último ainda existe uma falta de conectores e os conceitos foram incorporados sem sentido de integração, dado que em algumas associações não se compreende a lógica (células Fotovoltaicas -- sistema de microgeração Fotovoltaica)

14	16	F	18	Presente.	Presente - parte de energia solar direta e difusa e detalha o sistema chegando às características mais específicas (inclinação e orientação)	Ausente	30 - Compra, Venda, Módulos, Cristalino, eletrodomésticos, lucro, bateria, ligação à rede pública	Sem organização hierárquica	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Clara presença de reconciliação integrativa.	Ambos os mapas estão bem organizados e apresentam adequado uso de exemplos e detalhes que ajudam a enriquecer o mapa. O segundo mapa apresenta uma boa ferramenta de estudo, completo, organizado, com muitas associações e bom uso de conectores. Apresenta muitos detalhes - ao nível do tipo de células Fotovoltaicas estabelece relações entre a área necessária, o rendimento e as condicionantes (amorfo, impossibilidade de usar seguidor solar); quando identifica os componentes do sistema fotovoltaico refere as finalidades.
15	15	F	10	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	22- Ausência de silício dopado, e Microgeração. Acrescentou Sol e fonte de energia renovável	Sem organização hierárquica	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Presença de reconciliação entre grupos	O primeiro mapa apresentava-se com poucos conceitos mas todas as ligações estão bem justificadas. O segundo mapa revela uma compreensão global do tema, utiliza exemplos e detalhes (orientação para sul, relaciona os diferentes tipos de células com o rendimento e custos de aquisição).

16	15	F	15	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	21 - Ausência de silício dopado	Do conceito painéis fotovoltaicos organiza os restantes detalhando as características e finalidades deste	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Sem reconciliação integrativa	Ambos os mapas partem de sistema fotovoltaico e apresentam uma estrutura vertical. Todas as associações são justificadas, pelo uso de conectores e faz uso de exemplos e características específicas para completar e dar sentido às associações (nos diferentes tipos de células Fotovoltaicas compara os rendimentos e os custos de aquisição).
17	15	F	10	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	20 - Ausência de silício dopado e sistema de regulação.	Existem dois grupos com uma organização hierárquica	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Os dois grupos mais elaborados integram-se e em um dos grupos o conceito menos inclusivo liga-se ao conceito subsunção do mesmo grupo.	O ponto de partida em ambos os mapas conceptuais é célula Fotovoltaica. A grande maioria das ligações está justificada pelo uso de palavras de ligação. Ausência de exemplos e de detalhes.
18	15	M	14	Ausente	Existe diferenciação partindo de painéis fotovoltaicos.	Ausente	19 - Ausência de orientação solar, silício dopado e Microgeração	Sem organização hierárquica	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Existe uma clara reconciliação entre os conceitos	O primeiro mapa estava um pouco desorganizado e apresentava ideias soltas - séries de conceitos não ligados. O último mapa apresenta uma clara compreensão da temática do estudo, interliga conceitos adequadamente e recorre a alguns detalhes (finalidade

											do inversor de corrente DC em AC).
19	15	M	8	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	19 - Ausência de silício dopado, sistema de regulação e Microgeração	Sem organização hierárquica	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Existe uma clara reconciliação entre os conceitos	O primeiro mapa assemelha-se a uma aglomerado de conceitos unidos sem justificação e sentido. O último mostra uma compreensão global da temática de estudo, interliga bastantes conceitos. Partindo de painéis fotovoltaicos cria uma teia de ligações a maioria com sentido. Faz uso de detalhes (orientação para sul) para enriquecer o mapa.
20	15	M	-	Não fez	Não fez	Não fez	12 - Ausência de silício dopado, sistema de regulação, Microgeração, sistema de microgeração Fotovoltaica. Acrescentou clima	Organização hierárquica em dois grupos de conceitos.	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Apresenta uma ligação entre dois grupos.	Ambos os mapas apresentam uma estrutura vertical. O primeiro não usa palavras de ligação. O segundo poderia apresentar mais ligações cruzadas, uma vez que repete muitos conceitos. Faz um estudo comparativo ao nível dos diferentes tipos de células e detalha a inclinação e orientação solar. Observa-se um grande crescimento cognitivo.
21	15	M	13	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	22	Apresenta organização hierárquica ao longo de um grupo de conceito (parte de	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Sem reconciliação integrativa	O primeiro mapa conceptual assemelhava-se a breve organização de algumas ideias. O segundo mapa possui uma estrutura vertical, o conceito subunçor é painel



								painel fotovoltaico)			fotovoltaico, encontra-se bem organizado e justificado pelo uso de palavras de ligação. Recorre a detalhes e para completar o mapa.
22	15	M	13	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	20 - Ausência de sistema de regulação e impacto ambiental	Sem organização hierárquica	Existem grupos de conceitos com alguma diferenciação.	Existe uma clara reconciliação entre os conceitos	O primeiro mapa não apresenta conectores e algumas ligações poderão não estar corretas. O segundo mapa revela uma clara compreensão da temática de estudo e a maioria das ligações possui palavras de ligação. Apresenta uma estrutura vertical partindo de células Fotovoltaicas, porém foge desta uma faz bastantes ligações cruzadas, não se apercebendo de nenhuma estrutura hierárquica.
23	15	M	14	Ausente	Sem qualquer diferenciação.	Ausente	23 - Cristalino	Sem organização hierárquica	Não apresenta diferenciação progressiva em nenhuma ligação.	Existe uma clara reconciliação entre os conceitos	O mapa do alunos apresenta uma visão global da temática de estudo, boa associação de conceitos e uso de palavras de ligação. Sem detalhes.

## Anexo 8: Convite para a apresentação do projeto à Comunidade Escolar



### CONVITE

A turma \_\_ do 10.<sup>a</sup> ano de escolaridade da ESJML convida-o a assistir à apresentação de um trabalho desenvolvido ao longo do 3.º Período, na disciplina de Física e Química A.

A apresentação intitulada “MINIPRODUÇÃO FOTOVOLTAICA NA ESCOLA SECUNDÁRIA JAIME MAGALHÃES LIMA” decorrerá no dia 21 de Junho pelas 21:00h no anfiteatro do bloco G.

O representante da turma

---

Esgueira, 20 de Junho de 2011

## Anexo 9: Competências transversais

Dia	05-Abr					23-Mai					27-Mai					16-Jun					17-Jun
Competências transversais	Pontualidade	Material	TPC	Participação voluntária e/ou solicitada	Participação nas atividades	Pontualidade	Material	TPC	Participação voluntária e/ou solicitada	Participação nas atividades	Pontualidade	Material	TPC	Participação voluntária e/ou solicitada	Participação nas atividades	Pontualidade	Material	TPC	Participação voluntária e/ou solicitada	Participação nas atividades	Apresentação
Nº																					
1				👍👍	👍👍				👍👍	👍				👍	👍👍			👍	👍	👍👍	👍👍
2				👍	👍									👍	👍👍👍			👍👍	👍👍	👍👍	👍👍
3									👎	👍				👍	👍👍			👍	👍	👍👍	👍👍
4				👍	👍					👍				👍	👍👍			👍👍	👍	👍	👍👍
5									👎	👍👍				👎	👍			👍👍	👍👍	👍👍	👍👍
6				👎	👍					👍👍				👍	👍👍			👎	👍	👍👍	👍👍
7					👍				👎	👍				👍👍	👍			👎	👍	👍👍	👍👍
8					👍					👍				👍	👍			👎	👍👍	👍	👍👍👍
9									👎	👍				👍	👍👍			👍	👍	👍	👍👍
10					👍					👍				👍	👍👍			👍👍	👍	👍	👍👍
11	👎				👎				👎	👎				👎	👍👍👍			👍	👍👍	👍👍	👎👍

12	👎👎								👍	👍				👍	👍👍			👍👍	👍	👍👍	👍👍
13					👎				👍	👎				👎👍	👍👍			👍	👍	👎👍	👎👍👍
14					👍👍				👍👍	👍👍				👍👍	👍👍			👍👍	👍	👍👍	👍👍👍
15					👍				👍	👍				👍👍	👍👍			👍👍	👍👍	👍👍	👍👍
16					👍				👍	👍				👍👍	👍👍			👍	👍	👍👍	👍👍
17					👍👍				👎	👍👍				👎	👍👍			👎	👍👍	👍👍	👍👍
18									👍	👍				👍👍	👎			👎	👍👍	👍👍	👍
19					👎				👎	👎				👍👍	👍👍			👎	👍👍	👍👍	👎👍👍
20	FALTOU								👎👍	👎				👎👍	👎👍			👎	👍	👎👍	👎👍
-									👍	👎	FALTOU					FALTOU					FALTOU
21					👍👍				👎👍	👍				👎	👍			👍	👍👍	👍👍	👎👍
22					👍👍				👍	👍				👍👍	👍👍			👍👍	👍	👍👍	👍👍
23					👍					👍				👎	👎👍			👍	👍	👍	👍
-					👍				👎	👍				👍	👍	FALTOU					FALTOU

Legenda:  
👎- Negativo  
👍- Positivo